

SECTIUNEA 1

RAPORTUL STIINTIFIC SI TEHNIC (RST)

FAZA DE EXECUTIE -FINALA

CU TITLUL: Metode de simulare, modelare si productie virtuala bazata pe tehnologia informatiei si comunicarii dedicate noii generatii de sisteme de prelucrare reconfigurabile

- RST – raport stiintific si tehnic in extenso*
- PVRLP – procese verbale de receptie a lucrarilor de la parteneri**
- PF – protocol de finalizare(numai pentru faza finala)

* pentru modulul 3 se va utiliza modelul din Anexa 1

**forma si continutul se stabilesc de catre conducatorul proiectului, tinand seama de cele continute in PVAI

Raportul științific și tehnic

1. Indicatorii sintetici de activitate

Anexa 3 - RST

(conform cu planul de realizare propus). Se completează Anexa 3 în conformitate cu specificul proiectului și a fazei de execuție realizate;

Indicatorii de realizare a fazei (conform specificului fiecărui program/proiect)

Denumirea indicatorilor	Numar	
	Planificat	Realizat
• organizatii și respectiv număr de personal de cercetare implicate în proiect	5 organizatii	5 organizatii
○ tipuri de organizatii; INCD, U.P., SC, Univ.	4 Univ.+ 1 INCD	4 Univ.+ 1 INCD
○ nr. cercetatori/ proiect/ module	64/proiect	64/proiect
• sisteme, structuri, procese, metode, mecanisme implementate/ aplicate (pe categorii)	4	23
○ produse/ tehnologii/ servicii noi realizate	4	17
○ produse/ tehnologii/ servicii modernizate	-	-
○ produse/ tehnologii/ servicii noi realizate în cadrul programului, aliniate la standardele internaționale	-	6
• produse/ tehnologii/ servicii certificate	-	-
• agenți economici angrenați în parteneriate	-	3
• platforme tehnologice integrate dezvoltate la nivelul programului	-	-
• valoarea dotărilor noi pe program	465.621,40	473.004,16
• brevete de invenție propuse/ acceptate	-	14/0
• articole/ cărți publicate	5/1	94/5
○ <i>Carti tehnice</i>	1	5
○ <i>Cataloage</i>	-	-
○ <i>Dicționare</i>	-	-
○ <i>Pliante</i>	-	-
○ <i>Postere</i>	-	-
○ <i>Standard European</i>	-	-
○ <i>Standard Internațional</i>	-	1
○ <i>Standard național</i>	-	-
○ <i>Documentații</i>	2	2
○ <i>Studii</i>	-	-
- <i>Studii de piață</i>	-	-
- <i>Studii de fezabilitate</i>	-	-
○ <i>Caiet de sarcini</i>	-	-
○ <i>Concepte științifice</i>	2	4
○ <i>Metode tehnice</i>	4	11

○ Ghiduri	-	-
○ Proceduri	-	-
○ Manual de utilizare	2	2
○ Rapoarte de verificare/testare	-	-
○ Proiecte/ Desene de execuție modele, instalație pilot , prototip	1	3
○ Planuri de afaceri	-	-
• comunicari stiintifice	5	14
• organisme ale infrastructurii de evaluare a conformitatii dezvoltate in cadrul programului:	-	-
○ laboratoare de incercari	-	-
○ laboratoare de etalonare	-	-
○ organisme de certificare	-	-
• organisme de evaluare a conformitatii care isi desfasoara activitatea in domeniile reglementate prin directivele Uniunii Europene, din care:	-	-
○ produse industriale care intra sub incidenta marcajului CE;	-	-
○ produse agro- alimentare.	-	-
○ nr. de specialisti formati/instruiti pentru evaluarea conformitatii;	-	-
• programe postdoctorale create la nivel national	-	2
• cercetatori romani avand titlul de doctori in stiinte obtinut in strainatate sau stagii postdoctorale efectuate in strainatate reveniti in tara si angajati in unitati de cercetare	-	-
• specialisti formati/ instruiti in managementul si administratia cercetarii	-	16
• manifestari stiintifice sau promotionale cu participare internationala reprezentative;	4	5
• vizite de lucru si stagii de lunga durata ale unor personalitati stiintifice din strainatate;	3	4
• propuneri de proiecte transmise la programe internationale;	-	6
• propuneri de proiecte internationale aprobate;	-	-
• platforme tehnologice integrate in platforme tehnologice europene.	-	-
• parteneriate nou create	1	2
• Software	5	12
• Baze de date	-	1
• Pagini web	1	1
• Consultanta, Asistenta tehnica	1	4
• Cursuri de pregatire organizate	1	1
Constructii institutionale si formare continua:	3	7
• linii de invatamant		
• programe de masterat	1	1
• formare continua	2	2
• Pregatire post doctorala	-	2
• Pregatire manageriala	-	1
• Formarea de personal specializat	1	1

2. Raportul stiintific si tehnic

in extenso

- Cuprins -

1. Obiectivul general.....	5
1.1. Premise	5
1.2. Obiective conceptuale	5
1.3. Obiectivul general	8
1.4. Strategii	9
2. Obiectivele specifice.....	11
3. Rezultate obtinute. Evaluari.....	12
3.1. Sinteza rezultatelor	12
3.2. Evaluarea rezultatelor.....	12
3.2.1 Gradul de complexitate și noutate	12
3.2.2. Protectia rezultatelor obtinute in cadrul proiectului	17
3.2.3. Competitivitatea rezultatelor obtinute in cadrul proiectului.....	17
3.2.4. Viabilitatea proiectului.....	21
3.2.5. Vizibilitatea rezultatelor obtinute in cadrul proiectului.....	22
3.2.6. Impactul tehnico-economic si social estimat la implementare proiectului.....	23
3.3 Lista rezultatelor obtinute ca urmare a activitatilor din proiect	24
4. Rezumat	41
5. Descriere stiintifica si tehnica.....	44
5.1.Dezvoltarea unei tehnici bazate pe ICT pentru conducerea adaptiv/inteligenta a sistemelor de fabricatie reconfigurabile	44
5.1.1 Premisele stiintifice si tehnice.....	44
5.1.2 Activitati operationale desfasurate	46
5.1.3 Ideile cheie considerate. Modul de abordare.....	46
5.1.4 Actiunile stiintifice si alte actiuni intreprinse	48
5.1.5 Concluzii	58
5.2. Dezvoltarea unei tehnici de conducere a sistemelor reconfigurabile bazate pe o noua clasa de retele Petri.....	59
5.2.1 Premisele stiintifice si tehnice.....	59
5.2.2 Activitati operationale desfasurate	63
5.2.3 Ideile cheie considerate. Modul de abordare.....	64
5.2.4 Actiunile stiintifice si alte actiuni intreprinse	70
5.2.5 Concluzii	75
5.3. Proiectarea functiilor tehnologice ale proceselor de deformare a tablelor in vederea reconfigurabilitatii sistemelor flexibile de fabricatie a caroseriilor auto.....	76
5.3.1 Premisele stiintifice si tehnice.....	76
5.3.2 Activitati operationale desfasurate	77
5.3.3 Ideile cheie considerate. Modul de abordare.....	78
5.3.4 Actiunile stiintifice si alte actiuni intreprinse	91
5.3.5 Concluzii	97
5.4. Sinteza unor noi tehnici de modelare a cinematicii sistemelor de profilare a sculelor generatoare	99
5.4.1 Premisele stiintifice si tehnice.....	99
5.4.2 Activitati operationale desfasurate	99
5.4.3 Ideile cheie considerate. Modul de abordare.....	100

5.4.4 Actiunile stiintifice si alte actiuni intreprinse	106
5.4.5 Concluzii.....	113
5.5. Realizarea unui demonstrativ de functionare virtuala a unui sistem de fabricatie reconfigurabil.....	114
5.5.1 Premise.....	114
5.5.2 Activitati operationale desfasurate	115
5.5.3 Sistemul reconfigurabil de fabricatie	115
5.5.4 Programul piesa	134
5.5.5 Restrictii.....	134
5.5.6 Optimizare.....	135
5.5.7 Exemple.....	137
6. Concluzii generale.....	140
7. Bibliografie	141
8. Anexe – Prezentarea rezultatelor obtinute in urma actiunilor desfasurate in proiect	144
A. Cercetari stiintifice intreprinse	
B. Citari ale lucrarilor elaborate in cadrul proiectului	
C. Distinctii ale lucrarilor elaborate in cadrul proiectului	
D. Elaborare monografii	
E. Inventii realizate in cadrul proiectului	
F. Propuneri standarde internationale	
G. Manifestari stiintifice	
H. Editare publicatii	
I. Programe postdoctorale nou create	
J. Teze de doctorat	
K. Realizare prototipuri	
L. Proiecte transmise la programe internationale	
M. Parteneriate internationale nou create	
N. Produse software	
O. Produse Web	
P. Programe noi de formare continua	
Q. Programe si cursuri universitare noi	
R. Organizare cursuri pregatire	
S. Consultanta si asistenta tehnica	
T. Tehnologii noi realizate si implementate in industrie	
U. Efecte multiplicatoare	

1. Obiectivul general

1.1 Premize

In prezent companiile care furnizeaza sisteme mecanice trebuie sa faca fata unor evolutii rapide ce au loc atat in domeniul tehnic cat si cel economic si comercial. In esenta aceste evolutii sunt:

- Globalizarea economiei avand drept consecinta accentuarea concurentei;
- Individualizarea nevoilor, ceea ce determina personalizarea produselor;
- Dinamizarea capitalului, ceea ce genereaza exigente sporite privind eficientizarea investitiilor;
- Discretizarea structurilor industriale si comerciale, ceea ce face ca locul marilor intreprinderi sa fie luat de grupuri de IMM-uri independente.

Aceasta evolutie impune un nou echilibru intre economie, tehnologie si societate. Pentru a face fata concurentei in acest nou mediu economic, companiile trebuie sa fie capabile sa reactioneze rapid si cu cheltuieli minime la schimbarile ce au loc in piata. In termeni concreti aceste schimbari includ:

- Cresterea frecventei de introducere a unor noi produse;
- Reducerea volumului comenzilor si cresterea varietatii de produse comandate;
- Schimbari in ceea ce priveste reglementari guvernamentale, de ex. Cele legate de mediu si siguranta produselor);
- Schimbari in ceea ce priveste tehnologiile de fabricatie aplicate.

1.2 Obiective conceptuale

Schimbarile majore aparute pe piata au determinat modificari semnificative la nivel conceptual care privesc modul de procesare al materialelor, datelor, cunostintelor si comenzilor dupa cum urmeaza:

a) Procesarea materialelor

La nivel conceptual, sistemele tehnologice actuale, sunt de trei tipuri: universale, dedicate, si flexibile (Figura 1). Sistemele universale sunt compuse din masini unelte universale si folosite pentru realizarea unei productii ocazionale. Nivelul eficientei economice este scazut si sunt in continuare folosite numai pentru ca ele reprezinta un capital investit care nu poate fi altfel valorificat. Sistemele dedicate se intalnesc sub forma unor linii tehnologice rigide compuse din masini agregat caracterizate printr-un nivel foarte inalt de productivitate, dar foarte putin adaptabile la piata. Sunt in prezent folosite numai pentru productia de masa a unor componente simple standardizate. Sistemele tehnologice flexibile sunt compuse dintr-o masina unalta cu comanda numerica si un bogat sortiment de module asociate. Sistemul se reconfigureaza in functie de operatia ce trebuie executata prin asocierea unui anumit modul la masina de baza. Aceste sisteme se caracterizeaza printr-o productivitate scazuta asociata cu un nivel ridicat la adaptabilitate la piata. Spre deosebire de sistemele dedicate unde toate modulele sistemului sunt folosite in permanenta, aici dimpotriva, cea mai mare parte a modulelor nu sunt utilizate la un moment dat, acestea fiind achizitionate doar in ideea aparitiei unor ocazii pentru a fi folosite. De aceea capitalul investit in aceste module este stagnant. Acest punct si nivelul scazut al productivitatii afecteaza eficienta sistemelor tehnologice flexibile.

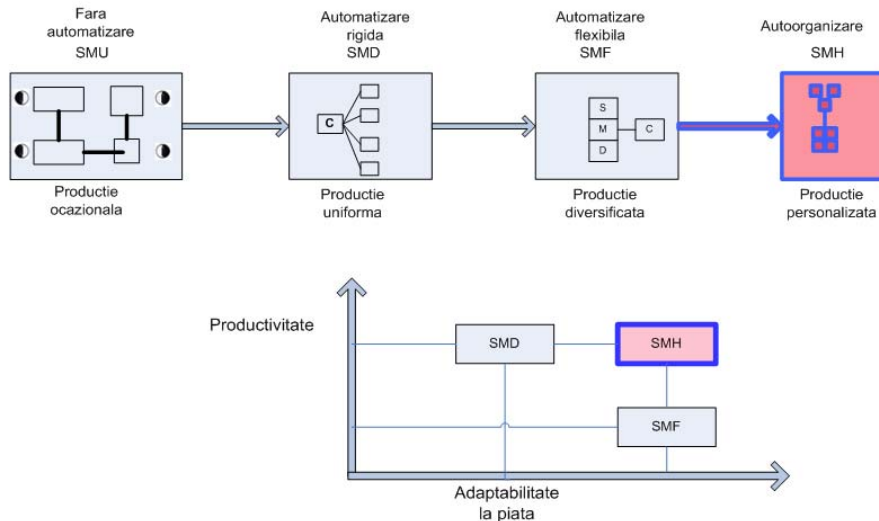


Figura 1. Procesarea materialelor

Sistemele tehnologice reconfigurabile incearca sa combine productivitatea ridicata a sistemelor dedicate cu adaptabilitatea la piata a sistemelor flexibile in scopul de a aduce eficienta economica a fabricatiei de serie mica la nivelul fabricatiei de masa. In acest scop, modulele componente ale sistemului tehnologic reconfigurabil, urmeaza a fi in numar mic si universale. Prin combinatia acestora se va putea realiza orice configuratie si din aceasta cauza vor fi utilizate permanent, astfel incat nici unul dintre ele sa nu stagneze iar capitalul stagnant sa fie evitat.

b) Procesarea datelor

Pentru a parcurge circuitul economic, in urma caruia intreprinderea sa poata obtine un profit, este necesara parcurgerea unui flux important de date care incepe cu elaborarea cotatiilor de pret si intocmirea ofertelor in vederea participarii la licitatii, se continua cu proiectarea produsului, fabricarea acestuia si comercializarea in scopul recuperarii investitiei facute in respectiva afacere. De-a lungul acestui flux, datele sunt procesate folosind produse informatice CAD/CAM/CAB (Figura 2). Tendinta actuala este aceea de a realiza produse informatice care sa integreze cat mai mult din fluxul de date cum ar fi de exemplu cele de tip CIM.. Ultima provocare in ceea ce priveste procesarea datelor este integrarea completa a fluxului folosind produse informatice de tip CIB(Computer Integrated Business).

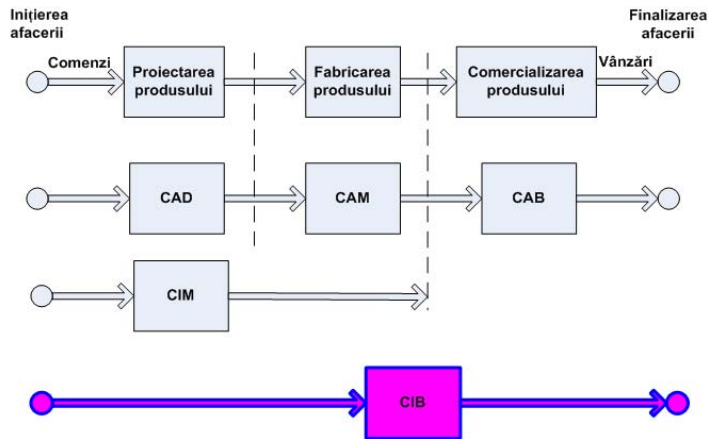


Figura 2. Procesarea datelor

c) Procesarea cunostintelor

Pana in prezent, circuitul cunostintelor utilizate in activitatea industriala avea ca punct de plecare datele obtinute din studiul experimental al acestor instalatii si continua cu activitatea de cercetare ce furniza cunostinte noi care prin publicatii, ajungeau la atelierelor de proiectare si erau utilizate in aplicatii (Figura 3). Durata unui asemenea circuit era foarte mare, ceea ce afecta nivelul eficientei cu care erau procesate cunostintele. Tendinta actuala este de a integra partial cel putin acest circuit in sistemul de conducere a instalatiilor industriale. Asta inseamna ca datele obtinute din monitorizarea respectivelor instalatii, sunt procesate pentru a fi procesate in cunostinte care, printr-un sistem inteligent de conducere, sa fie imediat utilizate intr-o aplicatie concreta. Aceasta noua abordare are cel putin doua avantaje: i) viteza de parcurgere a buclei de procesare a cunostintelor este cu mult mai mare decat in cazurile traditionale; ii) intrucat sursa de date este chiar instalatia industrială unde vor fi aplicate cunostintele (si nu o instalatie experimentală separata) iar datele sunt obtinute din functionarea curenta a instalatiei (si nu dintr-un program de simulare fizica a functionarii, realizat in laborator) cunostintele reflecta cu mai multa veridicitate realitatea la care se refera. Pe un plan mai larg, acest mod de procesare a cunostintelor sustine dezvoltarea unei economii bazate pe cunoastere.

d) Procesarea comenzilor

In prezent, programul piesa contine informatii cu privire la modul in care trebuie sa functioneze masina unealta pentru a rezulta produsul cu respectarea exigentelor de calitate impuse. Din aceasta cauza, programatorul pleaca de la cerintele impuse produsului si, in prima etapa, proceseaza aceste date cu ajutorul modelului sistemului tehnologic, obtinand informatiile necesare (coordonatele unor puncte semnificative aflate pe traiectoriile sculelor, parametrii cinematici ai miscarilor de generare a suprafetei, etc). Tendinta actuala este aceea de a include aceasta etapa in programul intern al masinii de procesare a comenzilor primite astfel incat programul piesa sa contina date privind cerintelor impuse produsului fabricat si nu date privind modul in care acesta trebuie fabricat pentru a satisface exigentele impuse.

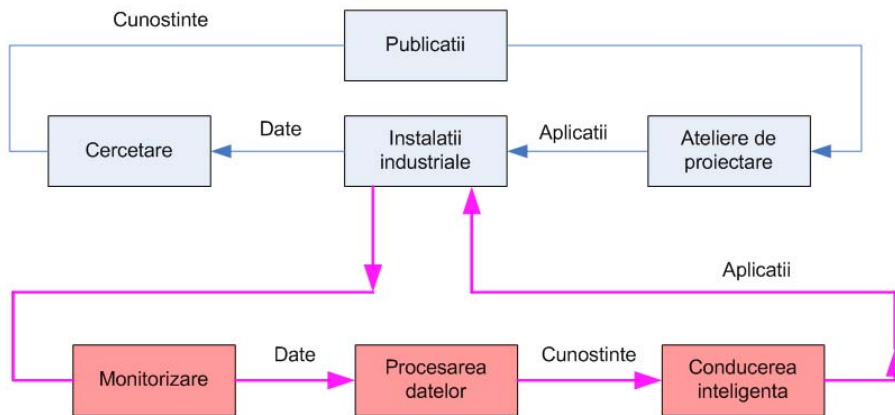


Figura 3. Procesarea cunostintelor

1.3 Obiectivul general

Proiectul a avut ca obiectiv general conceperea unei noi generatii de sisteme tehnologice reconfigurabile care sa reprezinte un prim pas in directia noilor orientari conceptuale si se bazeaza pe urmatoarele idei cheie:

- Arhitectura hardware a sistemelor tehnologice reconfigurabile se bazeaza pe cuplarea intr-o constructie unitara a unui numar de module, adecvat selectate astfel incat, respectiva constructie sa permita executarea operatiei de prelucrare necesara. Caracteristicile acestor module sunt: i) universalitatea, adica capacitatea modulului de a avea roluri functionale multiple, principalul criteriu de selectie fiind de natura cinematica (tipul miscarii, de rotatie sau de translatie, pe care modulul o poate asigura) ii) convertibilitatea, concretizata in capacitatea modulului de a-si schimba rolul functional care il are in sistem. iii) integrabilitatea, adica posibilitatea pe care o are modulul, de a se conecta convenabil cu celelalte module ale sistemului iv) scalabilitatea, data de capacitatea sistemului de a prelucra simultan mai multe suprafete ale piesei (sau mai multe piese), prin adaugarea de module suplimentare, aducand productivitatea la nivelul impus de termenul de livrare acomenzii; v) diagnozabilitatea, adica posibilitatea fiecarui modul de a-si monitoriza functionarea si de sesiza eventualele defectiuni aparute (open architecture).
- Arhitectura software, spre deosebire de cea hardware trebuie sa aiba o structura unitara care sa sustina intreaga cazuistica aparuta ca urmare a reconfigurarii hard a sistemului tehnologic. Pe baza abordarii unitare a problemelor de generare a suprafetelor si de conducere a procesului de aschiere, se poate dezvolta un sistem software care sa fie incorporat in orice sistem tehnologic reconfigurabil si sa se evite necesitatea de a asocia reconfigurarea hardware cu actiuni de reconfigurare software.

- Monitorizarea trebuie să se bazeze pe senzori încorporați în modulele sistemului și să fie extinsă la nivelul tuturor componentelor acestuia: mașina, scula, dispozitiv, piesa. Rețeaua de comunicații dintre senzori, unitățile de comandă, și sistemul de acționare trebuie să se bazeze pe un sistem unitar de protocoale de comunicație standard. În acest fel, monitorizarea completă ia locul supravegherii permanente specifice sistemelor tehnologice actuale. În plus, controlul calității produsului (de exemplu precizia dimensională a acestuia) trebuie să fie integrat în controlul sistemului tehnologic reconfigurabil.
- Programarea sistemului tehnologic reconfigurabil trebuie să reprezinte un input informațional care să conțină parametrii produsului (inclusiv deviațiile tolerate a acestor parametri), și nu parametrii de funcționare ai mecanismelor mașinii.
- Conducerea sistemului tehnologic trebuie să integreze aspectele tehnice cu cele economice și comerciale și, să permită prin funcționarea virtuală a sistemului tehnologic prognozarea funcționării reale ale acestuia, în scopul conducerii preventive și optime a procesului de prelucrare. Modelele matematice care descriu funcționarea sistemului trebuie să fie obținute prin identificarea online a acestuia, atât sub aspect tehnic cât și economic. În acest fel, cunoștințele specifice, extrase și aplicate rapid iau locul cunoștințelor generale, particularizate greu, conducerea devine adaptivă.

1.4 Strategii

În documentul intitulat „Visionary Manufacturing Challenges for 2020” elaborat de National Academy SUA, precum și în documentul Manufature 2020, elaborat de Comisia Europeană, sunt identificate strategiile tehnologice prioritare pentru susținerea cercetării, precum și ariile prioritare pentru investiții în cercetare și dezvoltare care răspund cerințelor unei noi filozofii de fabricare a produselor pentru viitor.

Obiectivele viitoare ale cercetării sunt: (1) să creeze o viziune nouă asupra climatului de competitivitate a tehnologiilor noi de fabricare a produselor, precum și o idee nouă despre organizarea întreprinderii anulului 2020; (2) să determine schimbări majore în tehnologiile de fabricație de mâine, și (3) să identifice măsurile cheie ce concură la realizarea acestor cerințe.

Pe baza rezultatelor statistice ale unei societăți de expertiză "Delphi" din SUA, au fost identificate șase "mari" orientări în domeniul fabricației de produse în domeniul mecanic, ce reprezintă punți între practicile curente și o nouă viziune asupra tehnicilor de prelucrare ale materialelor anulului 2020.

Orientarea nr. 1. Realizarea integrată a operațiilor de prelucrare.

Orientarea nr. 2. Integrarea resurselor umane și tehnice pentru creșterea performanței produselor și satisfacerea beneficiarilor (orientare ce decurge și din directiva Comisiei europene de aplicare a managementului calității totale (TQM) în tehnologii și servicii.

Orientarea nr. 3. Convertirea “instantanee” a informațiilor tehnologice din domenii precum mecanica, electrotehnica, electronica, automatizări, fizica în principii bazate pe cunoaștere ce pot fi decizii în cadrul unor sisteme expert.

Orientarea nr. 4. Reducerea rebuturilor, a deeurilor si diminuarea aproape de zero a impactului industrial asupra mediului.

Orientarea nr. 5. Reconfigurarea intreprinderilor industriale in concordanta cu centintele de inovare.

Orientarea nr. 6. Inovarea de tehnologii noi si produse cu focalizare pe diminuarea dimensiunilor acestora si cresterea preciziei.

Fundamentat pe baze stiintifice, studiul de caz cu tematica stabilirii tehnologiilor cheie in realizarea inovarii in cercetare, a evidentiat urmatoarele caracteristici cheie: adaptabilitatea, echipamente integrate, procese de fabricatie si sisteme ce pot fi reconfigurate.

Oportunitatile de cercetare care sustin dezvoltarea platformelor tehnologice prioritare, sunt:

- Multe dintre domeniile de cercetare sunt de frontiera, ceea ce determina aplicarea acestora in mai multe tematici prioritare. Sistemele de fabricare reconfigurabile si adaptabile, tehnologia comunicarii si a informatiei (ICT), modelarea si simularea sunt importante, in mod special, datorita faptului ca sunt cheia capacitatii de fabricare in multe domenii.

- Sectorul industrial trebuie sa se axeze pe implementarea rezultatelor cercetarii fundamentale;

- Progresul inregistrat datorita obiectivelor recomandate in studiul "the Next Generation Manufacturing" asupra trendurilor urmatoarei decade ar asigura cateva componente de baza ale cercetarii, pentru a satisface marile provocari pe termen mai lung pentru 2020. Aceste arii de cercetare includ: (1) instrumente pentru modelare si evaluare, (2) tehnici pentru achizitia cunostintelor si utilizarea acestora in fabricare, si (3) tehnici de prelucrare inteligente si sisteme de prelucrare flexibile.

- Deoarece prelucrarea unui produs este, in mod inevitabil, un proces multidisciplinar si implica colective mixte de specialisti, sisteme, procese, echipamente, cea mai eficienta modalitate de cercetare va fi, de asemenea, multidisciplinaritatea si abordarea problematii prin strategii comune elaborate de informaticieni, ingineri, fizicieni.

Din studiile prezentate mai sus, se desprind urmatoarele recomandari in abordarea cercetarii pentru viitor:

Recomandare 1- Stabilirea prioritatilor de cercetare pe termen lung cu accentuare pe tehnologiile de frontiera, cum ar fi tehnologiile care se adreseaza mai multor orientari.

Sistemele de fabricare reconfigurabile si adaptabile, ICT, modelarea si simularea sunt trei arii de cercetare ce se adreseaza mai multor orientari (dintre cele 6 enumerate mai sus).

Recomandare 2-Orientarea productiei industriale trebuie sa aiba in vedere:

- adaptarea si reconfigurarea rapida a proceselor industriale de fabricatie pentru productie de produse variate, eventual produse orientate strict pe cerintele clientului.

- adaptarea si reconfigurarea rapida a intreprinderilor industriale care sa permita formarea unor consortii intre organizatii specializate pe domenii conexe.

2. Obiectivele specifice

Nr. Crt.	Obiective specifice	Activitati operationale intreprinse
1	<i>Dezvoltarea unei tehnici bazate pe ICT pentru conducerea adaptiv/inteligenta a sistemelor de fabricatie reconfigurabile</i>	<p>1.1.-Dezvoltarea unui algoritm de identificare on-line a sistemelor de fabricatie reconfigurabile</p> <p>1.2.-Modelarea si simularea procesului de prelucrare</p> <p>1.3.-Algoritm pentru conducerea dimenisonala adaptiv inteligenta a sistemelor de fabricatie reconfigurabile</p> <p>1.4.-Verificarea experimentală a tehnicilor bazate pe ICT dezvoltate in cadrul proiectului</p>
2	<i>Dezvoltarea unei tehnici de conducere a sistemelor reconfigurabile bazate pe o noua clasa de retele Petri</i>	<p>2.1. Dezvoltarea unei metodologii de proiectare a modelelor de conducere a sistemelor tehnologice up-down si down-up.</p> <p>2.2. Extinderea modelelor Retelelor Petri la programarea controlerelor logice cu GRAFCET</p> <p>2.3. Optimizarea ordonantarii activitatilor unui sistem tehnologic reconfigurabil folosind SINCONPETRI</p> <p>2.4. Folosirea serverelor de aplicatii OLE (Object Linked Enable) Microsoft si a OPC (Object Factory Server) Schneider pentru implementarea interfetelor Human-Machine si a legaturii cu PLC.</p>
3	<i>Proiectarea functiilor tehnologice ale proceselor de deformare a tablelor in vederea reconfigurabilitatii sistemelor flexibile de fabricatie a caroseriilor auto</i>	<p>3.1. Dezvoltarea unei tehnici predictive bazata pe element finit pentru controlul formei matritelor cu pini reconfigurabili</p> <p>3.2. Dezvoltarea unei scheme de reconfigurabilitate bazata pe cunostinte</p> <p>3.3. Identificarea fluxului tehnologic de parametri necesari reconfigurabilitatii</p> <p>3.4. Simularea numerica a deformarii unor caroserii cu pini reconfigurabili</p>
4	<i>Sinteza unor noi tehnici de modelare a cinematicii sistemelor de profilare a sculelor generatoare</i>	<p>4.1. Sinteza unei noi metode pentru modelarea infasurarii suprafetelor, aplicabile pe masini care genereaza vartejuri ordonate de suprafete</p> <p>4.2. Modelari ale unor suorafete cu evolutie continua in scopul reconfigurarii unor masini de rectificat</p> <p>4.3. Modelarea suprafetelor generabile prin procedee neconventionale reconfigurabile</p> <p>4.4. Metode de modelare reconfigurarii colective aplicabile pe masini de danturat</p>
5	<i>Realizarea unui demonstrativ de functionare virtuala a unui sistem de fabricatie reconfigurabil</i>	<p>5.1. Algoritm de functionare virtuala a unui sistem de fabricatie reconfigurabil pentru caroserii auto</p> <p>5.2. Realizarea/experimentarea unui demonstrativ pentru functionarea virtuala a unui sistem de fabricatie reconfigurabil</p>

3. Rezultate. Evaluari.

3.1 Sinteza rezultatelor

- Urmare a activitatilor desfasurate in cadrul proiectului, au fost obtinute urmatoarele rezultate:
- **94 lucrari stiintifice**, care au fost publicate sau sunt in curs de recenzie in vederea publicarii, in reviste de specialitate sau volumele unor manifestari stiintifice, din Romania sau alte **9** tari (Grecia, R. Moldova, Spania, Anglia, Polonia, Portugalia, Franta, Croatia si SUA).
 - **60 lucrari**, dintre acestea, sunt in publicatii **indexate ISI/BDI**
 - **Factorul de impact** al publicatiilor este de pana la **4,1**
 - **17 citari** (exclusiv autocitările) ale acestor lucrari au aparut deja in alte lucrari publicate
 - **2 distincții** primite la lucrările publicate
 - **14 inventii** din care 13 inregistrate in perioada proiectului si una in curs de inregistrare
 - **5 monografii**, din care 4 in tara si una in SUA
 - **5 manifestari stiintifice** organizate pe tema proiectului
 - **Un numar special** al publicatiei Analele Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati a fost dedicat noii generatii de sisteme tehnologice reconfigurabile, dezvoltata in cadrul proiectului
 - **10 teze de doctorat** avand tematica asociata cu cea a proiectului
 - **3 prototipuri**
 - **6 propuneri de proiecte**, inregistrate la programele europene de cercetare stiintifica
 - **2 programe postdoctorale**
 - **2 parteneriate** nou create
 - **12 produse software**
 - **2 programe de formare continua** dezvoltate pe tematica proiectului
 - **4 cursuri universitare noi**
 - **un curs de pregatire** pe tema proiectului
 - **consultanta** acordata unui numar de 4 intreprinderi
 - **17 produse/tehnologii** noi realizate din care 4 au fost si implementate.

3.2. Evaluarea rezultatelor

3.2.1 Gradul de complexitate și noutate al rezultatelor proiectului

Prezentul proiect are un nivel ridicat de *complexitate si noutate*, daca drept criterii de evaluare sunt considerate *frontul* abordării, *adâncimea* abordării, *originalitatea* abordării și *complexitatea* tehnicilor de abordare folosite.

Aceste criterii se concretizează în următoarele cinci aspecte, care sunt *specifice* proiectului:

- complexitatea obiectului proiectului;
- abordarea holistică;
- caracterul adaptiv-inteligent al controlului;
- caracterul optimal-predictiv al controlului;
- reconfigurabilitatea sistemului de conducere.

Pentru evaluarea gradului de complexitate si noutate, pe baza criteriilor de mai sus, se poate pleca de la *sinteza evolutiilor* ce au loc in prezent in mediul industrial, continuind cu *ideile cheie majore* pe care se fundamenteaza proiectul si incheiand cu *rezultatele* obtinute.

Sinteza evolutiilor

In prezent, companiile care furnizeaza sisteme mecanice trebuie sa faca fata evolutiilor rapide ce au loc in lume, atat in domeniul tehnic, cat si cel economic sau comercial. Principalele evolutii sunt urmatoarele:

- *Globalizarea economiei*, avand drept consecinta accentuarea concurentei.
- *Individualizarea nevoilor*, ceea ce determina personalizarea produselor.
- *Dinamizarea capitalului*, ceea ce genereaza exigente sporite privind eficienta impusa investitiilor.
- *Discretizarea structurilor industriale si comerciale*, ceea ce face ca locul marilor intreprinderi sa fie luat de grupuri de IMM-uri independente.

Aceste evolutii impun *un nou echilibru* intre economie, tehnologie si societate. Pentru a face fata concurentei in acest nou mediu economic, companiile trebuie sa fie capabile sa reactioneze rapid si cu cheltuieli minime la actualele solicitari ale pietei, care se caracterizeaza prin:

- cresterea *frecventei de introducere* a unor noi produse;
- reducerea *volumului comenzilor*;
- cresterea *varietatii produselor* comandate;
- schimbari in *continutul reglementarilor* guvernamentale (de exemplu cele legate de mediu sau de siguranta produselor);
- schimbari rapide in ceea ce priveste *tehnologiile de fabricatie* aplicate.

Ideile cheie majore

Solutia conceptuala pe care proiectul o ofera la aceasta provocare este dezvoltarea unei noi generatii de sisteme tehnologice, care sa aiba urmatoarele caracteristici definitorii:

- Sunt reconfigurabile, cu arhitectură hardware deschisă, realizate din module universale, mecatronice, cu sisteme incorporate de control in-situ;
- Au autoprogramare numerică in-cycle,
- Sunt cu calitatea și economicitatea controlate on-machine.
- Sunt cu conducere adaptivă, optimală, predictivă, on-line.

Motivații:

Modulele fiind *universale*, biblioteca de module pe care intreprinderea o are trebuie sa contina un numar mic de module; ca urmare numarul modulelor neutilizate la un moment dat este *restrans*, tinzand spre zero (chiar in conditiile unei productii de serie mica si foarte diversificata, asa cum este cazul actualmente pe piata); ca efect, *capitalul stagnant*, atat de mare in prezent, se diminueaza spre zero, iar *durata de recuperare* a investitiei se reduce la 4-5 ani, in loc de 15..20 de ani cat este in prezent.

Conducerea acestor sisteme tehnologice reconfigurabile are caracter *adaptiv*, in sensul ca, prin reidentificare periodica online, modelul de conducere urmareste evolutia in timp si spatiu a comportarii sistemului; pe de alta parte, conducerea are caracter *predictiv* intrucat *corectia precede aparitia erorii*.

Pe de alta parte, la aceasta noua generatie de sisteme tehnologice, potrivit proiectului, evolutia in timp si spatiu, atat a comportarii sistemului, cat si a caracteristicilor mecanice ori dimensionale ale semifabricatului, este surprinsa prin constructia unor modele *simple, localizate in spatiu, efemere, construite cu date recente*, in loc de modele *complexe, generale, perene, construite din date istorice*, folosind actualele facilitati oferite de ICT (senzori wireless si supplyless, sisteme incorporate, tehnici data-mining, etc).

În dezvoltarea acestei noi generații de sisteme tehnologice, echipa proiectului a plecat de la observația că, după reconfigurare, un sistem de fabricație reconfigurabil *este practic un sistem nou, foarte puțin cunoscut*, ce trebuie condus pentru fabricarea unui obiect, care este, de asemenea, *foarte puțin cunoscut*. Întrucât, nici sistemul și nici obiectul nu sunt suficient cunoscute, este necesară dezvoltarea unor tehnici de *identificare on-line* a sistemului și procesului de prelucrare (indiferent de construcția sistemului sau natura fizică a procesului: aschiere, deformare plastică, injecția maselor plastice, electroeroziune, presarea pulberilor etc.), finalizată cu obținerea unui model, care să reprezinte o descriere *la momentul curent* a interacțiunii dintre cele două elemente. Modelul astfel obținut este folosit pentru *simularea* funcționării ansamblului, *prelucrarea virtuală* a produsului și elaborarea setului de comenzi preventive, necesare pentru *compensarea deviațiilor* de orice fel, constatate în cursul prelucrării virtuale.

Pentru prezentarea la nivel conceptual a ideii de mai sus, să considerăm prelucrarea unui lot de piese, cu sisteme tehnologice de această nouă generație. În prima fază, folosind modulele universale de care întreprinderea dispune, sistemul tehnologic este reconfigurat, astfel încât să aibă caracteristici adecvate procesului de prelucrare ce urmează a se desfășura. Este prima formă de adaptare la piață a sistemului tehnologic – arhitectură hardware deschisă.

Apoi are loc prelucrarea *de proba*, incompletă, a primului exemplar din lot (care reprezintă prima experiență în algoritmul de identificare online). Urmează prima identificare on-line a sistemului tehnologic, la care se vor folosi rezultatele obținute din monitorizarea prelucrării de proba a primului exemplar, precum și cunoștințele acumulate în baza de cunoștințe a sistemului tehnologic. Modelul astfel obținut se va folosi pentru a *prelucra virtual* exemplarul următor și, funcție de rezultatul obținut, se vor aplica, *preventiv*, corecțiile necesare pentru compensarea deviațiilor. După fiecare exemplar prelucrat, rezultatele acumulate în baza de date sunt folosite pentru re-identificarea sistemului, simularea exemplarului următor, prelucrarea virtuală a acestuia, prognoza deviațiilor care este de așteptat să apară și elaborarea comenzii necesare în vederea prelucrării reale, *fără deviații*, a respectivului exemplar.

Ideile conceptuale, pe care s-a bazat dezvoltarea acestei noi generații de sisteme tehnologice, au fost concretizate în cazul sistemelor tehnologice de *așchiere* și de *ambutisare*, a căror funcționare este controlată sub aspectul *calității* produsului și a *economicității* procesului.

Pentru exemplificare, mai jos se prezintă concretizarea conceptului în cazul *conducerii dimensionale* a sistemelor tehnologice de *aschiere*, programate *numeric* și controlate sub aspectul *calității* produsului. În figura 4, se consideră cazul în care suprafața programată este cea țintă. Ca urmare a erorilor de sistem și de proces, suprafața reală diferă de cea programată, rezultând o eroare efectivă de prelucrare. Dacă însă (figura 5), în locul suprafeței țintă, se programează o suprafață ce reprezintă *imaginea în oglindă a suprafeței reale*, atunci este de așteptat ca diferențele dintre suprafața reală și cea țintă să se anuleze. Pentru aceasta este însă necesară prelucrarea virtuală a exemplarului următor, în vederea *prognozei* deviațiilor dimensionale care este de așteptat să apară. Trebuie observat faptul că, *eroarea reziduală nu depinde, nici de erorile de sistem și nici de intensitatea procesului, ci doar de precizia cu care au fost prognozate deviațiile corespunzătoare exemplarului următor*.

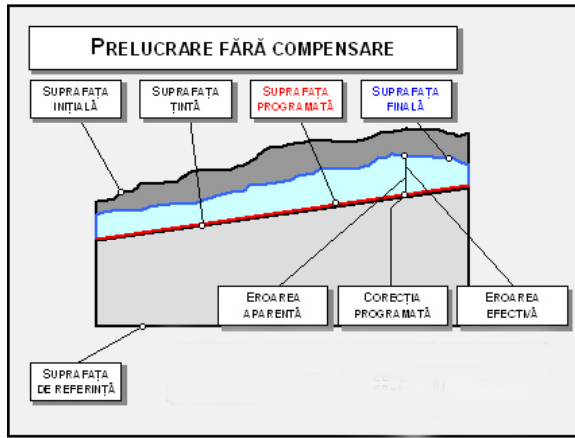


Fig.4 Prelucrare fara compensare

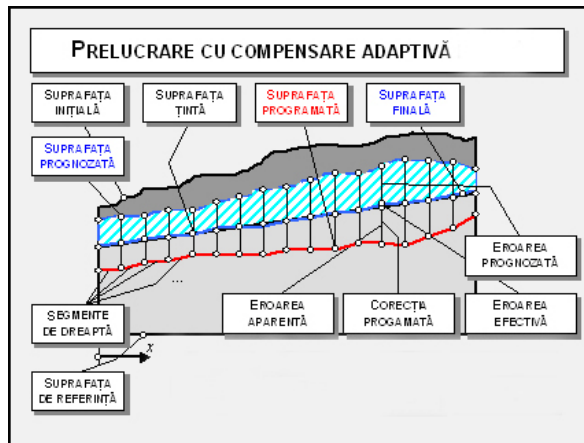


Fig.5 Prelucrare cu compensare adaptiva

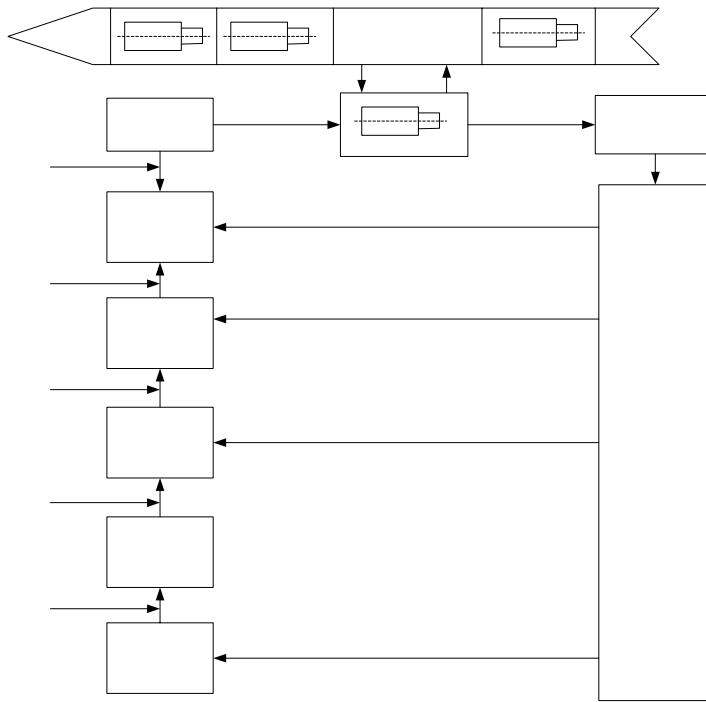


Fig.6 Schema conceptuala a sistemului experimental

Pentru derularea acestor actiuni este necesara utilizarea unui sistem senzorial adecvat si a tehnicilor de inteligenta artificiala (in principal rețele neuronale, algoritmi genetici, baze de date si baze de cunostinte), care sa fie implementate in conexiune cu noua configuratie hardware a sistemului reconfigurat.

In cadrul proiectului a fost experimentat sistemul prezentat in figura 6 si au fost testate tehnici de modelare, identificare, simulare si productie virtuala dezvoltate in cadrul proiectului. In ceea ce priveste abaterea dimensionala, rezultatele experimentale au fost spectaculoase. Aceasta a scazut de 5 pana la de 110 ori in raport cu prelucrarea conventionala, asa cum arata exemplarul $i(k+1)$ experimentari in conditii de laborator sau industriale.

Sinteza la nivel conceptual

La nivel conceptual, principalele elemente de noutate rezultate in urma realizarii proiectului sunt urmatoarele:

- o noua abordare a notiunii de sistem de prelucrare care sa fie reconfigurabil si mult mai adaptabil la schimbarile rapide ce apar pe piata;
- prin identificarea on-line a sistemului, conducerea acestuia este adaptiva/inteligenta;
- prin simulare si productie virtuala (on-line sau in-cycle), conducerea sistemului este predictiva;
- dezvoltarea conceptuala unei noi generatii de sisteme tehnologice care poate conduce la reducerea capitalului investit, la utilizarea eficienta a acestuia, la obtinerea unui nivel inalt de calitate, si toate acestea fara a folosi echipamente tehnologice precise si scumpe si fara o imbunatatesc intensitatea procesului in vederea reducerii erorilor;

Elabo
coma

Prognoza

Evaluarea deviatiei si
compensarea corespunzatoare
exemplarului $i(k+1)$

Produ
virtua

Modelul
geometriei

Modelarea
compensarii

Simul

Modelul
dinamicii

Modelarea
deviatiei

Identifi
on li

Structura
modelelor

Tipologia
modelelor

Mode

- aplicarea dezvoltării conceptuale la nivelul concret al celor două categorii de sisteme de manufacturare reconfigurabile și anume *sisteme de aschiere* și *sisteme de deformare plastică la rece*.

La nivel conceptual, complexitatea proiectului constă în următoarele:

-este abordat *întregul ansamblu* format din procesul de fabricație, construcția sistemului de fabricație reconfigurabil, sistemul de monitorizare și sistemul de control al acestuia;

-sistemul este studiat, atât din punct de vedere al *calității* producției, cât și al *economicității* acesteia;

-în cadrul proiectului se realizează o *sinteză* a sistemului hardware cu componentele software necesare, urmărindu-se reconfigurabilitatea ambelor elemente.

3.2.2. Protecția rezultatelor obținute în cadrul proiectului

Rezultatele obținute urmare a lucrărilor din proiect au fost protejate prin înregistrarea acestora la nivel național (OSIM). Au fost elaborate **14** brevete (13 fiind înregistrate în perioada proiectului iar unul aflându-se în curs de înregistrare).

3.2.3. Competitivitatea rezultatelor obținute în cadrul proiectului

• Competențe tehnico-economice. Existența unui răspuns din partea industriei.

În cadrul proiectului au fost realizate produse și tehnologii noi, cu nivel înalt de competitivitate, demonstrat, parțial, prin transferul acestora în industrie și evaluarea rezultatelor obținute după aproape un an de funcționare. Aceste produse și tehnologii noi sunt proprietatea Universității “Dunărea de Jos” din Galați, care, prin Centrul de Formare Continuă și Transfer Tehnologic al Universității (CFCTT), dezvoltă acțiuni specifice de transferare în industrie, în vederea valorificării lor.

Mai jos sunt prezentate produsele și tehnologiile noi, realizate ca urmare a cercetărilor desfășurate în proiect, precum și acele caracteristici tehnico-economice, care permit evaluarea competitivității.

1. **Tehnologie bazată pe ICT de conducere dimensională**, implementată la mașinile FICEP-20.36-NT, FICEP-16.34-NT, FICEP-803-PN, VERNET-PG-116 S de la S.C. CELPI S.A. București, în urma cu 10 luni;
2. **Tehnologie de conducere dimensională adaptivă**, implementată la mașinile FICEP-1415 DCA (2 buc) și FICEP LPA 15. la S. C. EDIL-MECANICA S.A. de la Filipești de Pădure, în urma cu 9 luni;
3. **Tehnologie de conducere dimensională predictivă**, în curs de implementare la mașinile FICEP 1415 DCA (2 buc), FICEP 2036 NT, VERNET-PG-137 S de la Electromontaj București.
4. **Sistem de comandă numerică reconfigurabil**, implementat la două mașini-unelte prototip (strung frontal și mașina de frezat), cu următoarele caracteristici:
 - modul de interfață om-mașină reconfigurabil;
 - server OPC pentru gestionarea resurselor informatice ale sistemului de comandă numerică reconfigurabil;
 - bloc reconfigurabil de control al mașinilor unelte reconfigurabile (PLC, module I/O analogice, numerice și de control al axelor).
5. **Echipament de conducere dimensională bazată pe monitorizarea câmpului termo-mecanic**.
 - produs destinat conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, pe baza monitorizării câmpului termo-mecanic în timpul procesului de prelucrare;

- aplicabilitate la prelucrarea mecanică a unui lot de piese prin aşchiere pe sisteme de prelucrare cu comanda numerică.

6. Robot reconfigurabil de masurare, având următoarele caracteristici:

- o noua construcție de robot destinat măsurării dimensiunilor obiectelor;
- asigurarea unui proces de masurare mai precis și cu mai puțin efort din partea operatorului.

7. Freza-melc modul toroidală pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare și exterioare cu dinți drepti și înclinați, caracterizată prin:

- o noua construcție de scula melc reconfigurabilă ce permite generarea roților cilindrice cu profil evolventă, dințate interior sau exterior, cu dinți drepti sau înclinați cu diferite mărimi ale deplasării de profil.

8. Strung universal reconfigurabil, caracterizat prin:

- construcția și cinematica reconfigurabilă ce rezolvă problemele legate de strunjirea atât a suprafețelor profilate longitudinal, cât și a suprafețelor profilate transversal;
- posibilitatea de a realiza detalonarea unor freze-melc profilate longitudinal (de exemplu detalonarea unei freze-melc globoidale);
- grad ridicat de universalitate, care permite ca, folosind o unică mașină, să poată fi prelucrate toate tipurile de suprafețe cilindrice, conice sau elicoidale.

9. Dispozitiv pentru realizarea arborilor poliformi cu aplicatie la masinile reconfigurabile, caracterizat de:

- posibilitatea de prelucrare economică și precisă a arborilor poliformi;
- posibilitatea de a fi utilizat pe mașini-unelte reconfigurabile.

10. Cuțit roata pentru danturare, cu următoarele caracteristici:

- aplicabil la danturarea roților dințate prin mortezare;
- asigură o lege de variație a mărimii ariei așchierii detașate care permite o reducere a mărimii maxime a forței principale de așchiere;
- posibilitatea schimbării individuale a dinților uzați sau distruși accidental;
- construcția asigură o utilizare rațională a oțelurilor de scule, din care se realizează numai dinții amovibili ai sculei;
- geometrie reconfigurabilă prin montarea unor seturi de dinți cu geometrie frontală diferită.

11. Sculă-melc pentru danturare, caracterizată prin aceea că:

- uniformizează variației mărimii forței de așchiere la danturare;
- dinți amovibili ce pot fi montați în oricare poziție în locașurile de pe corp, dinții uzați putând astfel căpăta funcții de degroșare;
- asigurarea unei utilizări raționale a materialului de scule, prin faptul că numai dinții amovibili se realizează din oțeluri de scule;
- oferă posibilitatea de a intensifica regimurile de lucru.

12. Cuțit-pieptene pentru danturare, cu caracteristicile:

- dinții sunt repoziționabili, permițând prelucrarea prin rulare a roților dințate cilindrice, cu dantură exterioară;
- uzura unui cuțit individual nu influențează precizia generării flancului evolventic;
- poate fi stabilit numărul minim de cuțite individuale, în funcție de numărul de dinți ai roții prelucrate, în scopul de a se reduce mărimea forței de mortezare;

13. Hard disk destinat sistemelor incorporate de conducere a masinilor unelte reconfigurabile, caracterizat de:

- o noua arhitectura și un nou procedeu de tratare a erorilor de citire a hard-diskului;
- o mai bună adaptare la condițiile din mediul industrial specific în care funcționează;
- eficientizarea acțiunii de accesare a sectoarelor.

14. Sistem incorporat pentru conducerea masinilor reconfigurabile, caracterizat de:

- conducerea numerică adaptiv-optimală a mașinilor-unelte reconfigurabile;
- diminuarea efortului de programare;
- maximalizarea productivității procesului;
- minimizarea costului.

15. Sistem modular de dispozitivare EDM, caracterizat prin:

- sistem modular de dispozitivare a electrozilor și pieselor pe mașinile universale de prelucrare prin eroziune electrică EDM;
- durată redusă pentru pregătirea fabricației;
- piese cu dimensiuni până la 350 mm.

16. Mașina reconfigurabilă de ambutisat, caracterizată prin:

- destinată realizării pieselor spațiale complexe, obținute din semifabricate sub forma de tablă subțire;
- placa de retenție este elastică;
- poansonul și placa de ambutisare, formează un subansamblu de construcție specială, reconfigurabil.

17. Echipament pentru ambutisare hidraulică reconfigurabilă, caracterizat prin:

- posibilitatea de a realiza piese spațiale, complexe ca formă, executate din table subțiri;
- reconfigurabilitatea echipamentului;

● **Capacitatea de utilizare în alte proiecte CDI**

O parte dintre produsele și tehnologiile noi dezvoltate în cadrul prezentului proiect au capacitate de utilizare în alte proiecte CDI, demonstrată prin următoarele proiecte noi:

1. Proiectul **REHOLM** intitulat „*Conception of holonic reconfigurable machines for small batch production in open-ended and rapid changing environments and application to development of the next generation of manufacturing machines*”.

Project scope:

The project aims to develop, according to the call, a new generation of manufacturing machines for helping European instrument manufacturers and machine builders *to stay ahead in competition regarding the responsiveness* to the changing mix and volume demands and *the efficiency* in small batch industrial production of the physical objects, through reducing *the lead-time*, reducing *the capital waste*, increasing *the scalability* within a wide range, holistically *minimizing the cost* and improving *the quality control* techniques.

The project scope is to be achieved by advancing a new paradigm – *holonic reconfigurable machines* – on the basis of which the part manufacturing machines are to be re-conceived.

Project objectives:

Overall objective – To create radically new, self-adaptive, rapidly reconfigurable, holonic machines for batch industrial production in open-ended and rapid changing real-market environments and show an example of how they can be implemented by developing the next generation of manufacturing machines.

Specific objectives:

Ob. 1. Conceptual development of the holonic reconfigurable machines, based on a new paradigm;

Ob. 2. Application of the holonic reconfigurable machines class for development of the next generation manufacturing machines;

Ob. 3. Development of tools and methods for modelling, set-up and use of the next generation manufacturing machine as adaptive-mechatronic (“adaptronic”) system;

Ob. 4. Development of six prototype “adaptronic” modules and application of their usage for configuration of a next generation manufacturing machine able to ensure reduction by 75% of the ramp-up time, reduction by 30% of energy consumption and increase *two times* of the accuracy, relative to the present generation of manufacturing machines.

Key ideas:

- a). *The machine modules be intelligent holons*
- b). *The machine must have a distributed knowledge, cognitive and learning system, which are based on the idea that the machine operation during machining of a piece represent the best experience that may be used for extracting knowledge by data mining techniques.*
- c). *The models used for identification shall be simple, local and temporal.*
- d). *Replace the hierarchic control with a holarhic control.*
- e). *The machine functioning to be holistically optimized on-line by negotiation among the machine holons.*
- f). *The part-program should comprise information regarding the characteristics imposed on the manufactured object in order to be considered acceptable, and not information on the way in which the functioning cycle of the machine should develop so that the object may have these characteristics.*

2. Proiectul RHM intitulat „Dezvoltarea unui nou concept de conducere a masinilor tehnologice-conducerea holarhic atributiva”;

Scopul:

Scopul proiectului este *cresterea competitivitatii masinilor tehnologice*, destinate fabricatiei in serie mica a unor game largi de produse, prin: i) reducerea duratei reconfigurarii; ii) reducerea duratei programarii; iii) minimizarea erorilor de prelucrare; iv) maximizarea productivitatii; v) minimizarea costurilor si, in fine, vi) asigurarea automata a stabilitatii.

Idei cheie:

Constructia acestui proiect se sprijina pe patru idei cheie, de nivel conceptual, si anume:

- a). Modelare structurata atributiv si nu fenomenologic, pentru a permite controlul integrat al fenomenelor fizice, economice, comerciale si organizationale ce apar in cursul functionarii masinii.
- b). Sistem de conducere holarhic¹, cu arhitectura deschisa, si nu sistem ierarhic, cu arhitectura inchisa.
- c). Extragerea de cunostinte din functionarea curenta si utilizarea imediata a acestora pentru conducerea masinii.
- d). Conducere bazata pe modele simple, localizate in spatiu si efemere, construite cu date recente, in loc de modele complexe, generale, perene, construite din date istorice.

Obiectivele proiectului:

Drept mijloc de atingere a scopului propus mai sus, in proiect se propune *dezvoltarea unui nou concept privind conducerea masinilor tehnologice*, care se bazeaza pe *modelare holarhic-atributiva*, asociata cu *invatare on-line nesupervizata*.

Aceasta abordare face ca obiectivele proiectului sa fie urmatoarele:

- Ob.1.** Dezvoltarea noului concept de conducere bazat pe modelare holarhic-atributiva si invatare online nesupervizata.
- Ob.2.** Dezvoltarea unui sistem de programare a masinii bazat pe taskuri.

¹ Prin conducere holarhica vom intelege acel mod de conducere la care elementele conduse sunt structurate holonic si interactioneaza intre ele pentru a-si atinge propriile obiective, dar respectand un sistem de reglementari pe care le impune elementul care conduce.

- Ob.3.** Dezvoltarea unui sistem de control online al stabilitatii.
- Ob.4.** Dezvoltarea unui sistem de reglare adaptiv-optimala a intensitatii procesului.
- Ob.5.** Conceperea unui sistem de programare si prelucrare virtuala.
- Ob.6.** Asigurarea predictibilitatii prin modelarea sintetica a functionarii masinii.
- Ob.7.** Implementarea pilot a conceptului de conducere holarhic-atributiva in cazul unui strung experimental comandat numeric.

3. Proiectul **INTELDEF** intitulat "*Developing a new generation of plastic deformation systems characterized by intelligent command and based on the online capturing of knowledge and its use in decision-making processes*";

Project scope

The project focuses on develop a new generation of metal forming technological systems - MFS - with embedded intelligence. These attributes are based on the adaptive - intelligent control of the MFS, control based on instantaneously capturing the in-process knowledge, their transformation to the metal forming system as effective decisions. On-line monitoring, identification and transformation of the parameters values (forces, speed, springback...) into the knowledge bases will sustain designing of a new class of metal forming systems controlled through programmable logic controllers with embedded feed-back mechanisms. The system control is done by on-line capturing of the knowledge from the deep-drawing/bending process, their transformation into the effective decisions for the next deformed blank. The final goal of the project is to build a new class of metal forming systems numerical controlled based on a piece-program.

Project objectives

The major contribution of the project (added value) is to using the monitoring of the deformation process command by cupping/ bending of the "n" part, using knowledge acquired on-line from the process of deformation of "n-1" part, which are in turn instantaneously transformed into effectual decisions by means of neural networks and communicated online towards tool-programmes written in programmable languages specific to command modules of the technological system (programmable logical controllers connected to the applications server OLE Schneider). Thus, the intelligent command technique, adaptive and predictive, is applied in-situ and on-line to the deformation process.

4. Proiectul **INTELSTAB** intitulat "*O noua teorie a stabilitatii aschierii, care se bazeaza pe dinamica haotica a procesului, precum si aplicarea acesteia la controlul inteligent al stabilitatii*".

Obiectivele proiectului

Proiectul urmareste dezvoltarea unei noi teorii a stabilitatii aschierii, care se bazeaza pe dinamica haotica a sistemului proces - masina si aplicarea acestei teorii la controlul inteligent al stabilitatii, in timp real, prin re-identificare on-line, cu tehnici de tip data mining. Pentru aceasta, este necesara atingerea urmatoarelor obiective:

- Ob. 1.** Elaborarea, la nivel conceptual, a unei noi teorii a stabilitatii proceselor de prelucrare mecanica, care sa se bazeze pe abordarea aschierii ca proces haotic.
- Ob. 2.** Selectarea familiilor de modele cu care poate fi descrisa dinamica haotica a proceselor de aschiere.
- Ob. 3.** Conceperea unei metode pentru determinarea in timp real a limitei de stabilitate.
- Ob. 4.** Simularea aplicarii noii teorii a stabilitatii proceselor de aschiere la principalele procedee de prelucrare prin aschiere (strunjire, frezare, rectificare).
- Ob. 5.** Conceperea si realizarea unui stand experimental destinat identificarii dinamicii haotice a proceselor de aschiere.
- Ob. 6.** Identificarea experimentală a dinamicii haotice a proceselor de aschiere.
- Ob. 7.** Conceperea unui sistem de control inteligent al stabilitatii proceselor de prelucrare mecanica.

Ob. 8. Realizarea si aplicarea experimentală a sistemului de control in cazul unor procese de strunjire.

Ob. 9. Evaluarea performantelor sistemului de control inteligent al stabilitatii proceselor de aschiere.

Idei cheie:

- a). Limita de stabilitate se modifica intr-un domeniu larg, la schimbarea piesei, a dispozitivului sau a sculei, dar si pe parcursul deplasării sculei pe traiectoria programata. De aceea, procesele de prelucrare se afla, aproape permanent, departe de limita de stabilitate si, prin urmare, *exista rezerve semnificative de crestere a economicitatii* acestora, care ar putea fi valorificate prin conceperea si implementarea unui sistem inteligent de control in timp real al stabilitatii.
- b). Pentru a surprinde modificarea permanenta, in timp si spatiu, a limitei de stabilitate, este necesara identificarea on-line a sistemului tehnologic, care sa se bazeze pe ideea ca *functionarea masinii in cursul prelucrării unui exemplar reprezinta cea mai buna experienta* care sa stea la baza identificării. Procesarea cu tehnici de tip data-mining a datelor aferente acestei experienta poate conduce la obtinerea unui sistem de conducere inteligent, cu performanta ridicata.
- c). Intrucat, pentru un sistem masina-unealta - dispozitiv - piesa - scula aschietoare dat, eliminarea instabilitatii implica, evident, diminuarea economicitatii procesului, nivelul maxim de economicitate se obtine atunci cand punctul de functionare se afla in domeniul stabil, dar *cat mai aproape de limita de stabilitate*. Altfel spus, cu cat punctul de functionare este mai departe de limita de stabilitate, procesul de prelucrare este mai neeconomic.
- d). Potrivit observatiilor experimentale ale membrilor echipei de cercetatori care propune proiectul de fata, *se poate evalua pozitia punctului curent de functionare a masinii, in raport cu limita de stabilitate, modeland cu modele haotice* evolutia in timp a parametrilor de stare ai sistemului tehnologic.

Elemente originale:

- Abordarea dinamicii proceselor de prelucrare prin aschiere ca neliniare, de tip haotic.
- Identificarea unor modele de tip haotic care sa descrie dinamica principalelor procese de prelucrare prin aschiere (strunjire, frezare, rectificare).
- Definirea domeniilor de stabilitate / instabilitate ale proceselor de aschiere prin intermediul unor parametri caracteristici ai modelelor de tip haotic.
- Caracterizarea economicitatii unui proces de prelucrare prin raportarea punctului curent de functionare a sistemului tehnologic la limita de stabilitate.
- Conceperea unui sistem de control inteligent al stabilitatii prin identificare on-line cu tehnici de tip data-mining.

3.2.4. Viabilitatea proiectului

Trei dintre produsele / tehnologiile noi realizate beneficiat de investitia necesara pentru implementare si au fost aplicate in intreprinderile industriale S.C. CELPI S.A. Bucuresti, S.C. EDIL-MECANICA S.A. Filipestii de padure si S.C. Electromontaj Bucuresti.

A fost identificata o posibila sursa de finantare a investitiei la aplicarea rezultatelor proiectului in S.C. World Machinery Works S.A., care este producator de masini-unelte. Exista o piata potentiala de desfacere la nivel international prin intermediul acestei intreprinderi si a grupului din care face parte.

3.2.5. Vizibilitatea rezultatelor obtinute in cadrul proiectului

Vizibilitatea este data de faptul ca, urmare a activitatilor desfasurate in cadrul proiectului, au rezultat:

- **94 lucrari stiintifice**, care au fost publicate sau sunt in curs de recenzie in vederea publicarii, in reviste de specialitate sau volumele unor manifestari stiintifice, din Romania sau alte 9 tari (Grecia, R. Moldova, Spania, Anglia, Polonia, Portugalia, Franta, Croatia si SUA).
- **60 lucrari**, dintre acestea, sunt in publicatii **indexate ISI/BDI**
- **Factorul de impact** al publicatiilor este de pana la **4,1**
- **17 citari** (exclusiv autocitările) ale acestor lucrari au aparut deja in alte lucrari publicate
- **2 distinctii** primite la lucrările publicate
- **5 monografii**, din care 4 in tara si una in SUA
- **5 manifestari stiintifice** organizate pe tema proiectului
- **Un numar special** al publicatiei Analele Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati a fost dedicat noii generatii de sisteme tehnologice reconfigurabile, dezvoltata in cadrul proiectului
- **6 propuneri de proiecte, inregistrate** la programele europene de cercetare stiintifica
- **2 parteneriate** nou create
- **2 programe** de formare continua dezvoltate pe tematica proiectului

3.2.6. Impactul tehnico-economico si social estimat la implementare proiectului

Analiza pietei de masini tehnologice (cum ar fi masinile unelte, de exemplu) arata urmatoarele:

1. Aceste masini reprezinta o investitie importanta pentru cumparatorii lor.
2. Masinile unelte disponibile astazi pe piata sunt imbatranite conceptual din cauza ca: *i)* fiind proiectate pentru anumite tipuri de procese (strunjire, gaurire, frezare etc.), nu sunt utilizate in mod continuu, ceea ce face ca ciclul lor de viata sa fie *excesiv de lung*, uneori depasind 15-20 de ani; *ii)* astfel de masini, aflate deja in patrimoniul unei intrprinderi, nu pot fi valorificate altfel decat *prin utilizarea lor in continuare*, ceea ce afecteaza costul fabricatiei.
3. In aceasta situatie, cererea pentru masini unelte noi este redusa, ceea ce afecteaza furnizorii de masini unelte si ii impiedica pe acestia sa le realizeze la un cost scazut, lucru care influenteaza in continuare pe cumparatori.

Pe scurt, astazi, in piata masinilor unelte, viteza de parcurgere a circuitului economic este redusa, ceea ce afecteaza negativ rata profitului pentru toti actorii implicati (cumparatori si furnizori deopotriva).

Datorita flexibilitatii exceptionale, noua generatie de sisteme tehnologice, dezvoltata in cadrul proiectului, poate avea un impact considerabil asupra celor doi actori de pe piata, dandu-le acestora *competitivitate* si oferind pietei *dinamism*.

Este de asteptat ca impactul sa se realizeze in urmatoarele etape:

Pasul 1 – Prezentarea rezultatelor proiectului la constructorii de masini unelte sau de alte masini tehnologice sa stimuleze interesul lor pentru sistemele tehnologice reconfigurabile. Partenerii proiectului au disponibilitatea a oferi consultanta pentru implementarea acestei noi generatii de sisteme tehnologice.

Pasul 2 – Constructorii de masini unelte vor fi interesati ca produsele lor sa fie reconfigurabile, pentru ca, in acest fel, cu un numar limitat de module, ei sa aiba posibilitatea de a satisface rapid si usor o gama larga de comenzi. Mai mult, intrucat modulele sunt universale, biblioteca de module este restransa continand un sortiment redus de module. In acest fel numarul de module identice care vor fi trebui fabricate creste, ceea ce va determina reducerea costurilor. Este de asteptat ca, insasi constructorii de masini unelte sa fie primii utilizatori ai sistemelor de prelucrare reconfigurabile, ceea ce va accelera procesul de perfectionare primara, specific oricarui produs nou.

Pasul 3 - Cumparatorii vor deveni mai competitivi (asa cum s-a aratat mai sus) pentru ca : *i)* vor fi mai bine adaptati la solicitarile foarte variate ale pietei; *ii)* costul materialului, al energiei, al manoperei si al capitalului vor fi considerabil reduse.

Pasul 4 – cumparatorii sistemelor tehnologice reconfigurabile vor fi capabili sa le utilizeze pe acestea “plug-and-play”, in multe ocazii, ceea ce va face ca: *i)* timpul in care masina functioneaza sa se apropie de timpul calendaristic; *ii)* sa scada durata de viata calendaristica a masinilor unelte, si ca urmare, timpul de recuperare a investitiei sa se reduca la 4-5 ani; *iii)* sa creasca rata profitului.

Pasul 5 – Constructorii de masini unelte vor incuraja furnizorii de componente (suruburi cu bile, ghidaje, senzori, etc), ca sa-si ajusteze oferta, reducand in acest fel costurile.

3.3 Lista rezultatelor obtinute ca urmare a activitatilor din proiect

A. Cercetari stiintifice intreprinse

1. Cuzmin C., Frumusanu G., Marin F.B., Paunoiu V., Cuzmin G., Epureanu A., ***Adaptive Dimensional Control System for Reconfigurable Machine-Tools.***, Vol. 1, Universitatea Tehnică a Moldovei, ISBN 978-9975-45-035-1, TCMR International Conference, Chisinau, 2007.
2. Cuzmin C., Teodor V., Oancea N., Marinescu V., Epureanu A., ***Dimensional dynamics identification of reconfigurable machine tools.*** Proceedings of WSEAS European Computing Conference, Athens, GREECE, September 25-27, 2007, (indexata ISI).
3. Epureanu A., Teodor V. ***On-Line Geometrical Identification of Reconfigurable Machine Tool using Virtual Machining***, Publicată în revista Enformatica, vol. 15, SPANIA, 2006, ISBN 975-00803-4-3, (indexata ISI).
4. Frumusanu G., Epureanu A. – ***Approach of Cutting Processes Chaotic Character by Using Cutting Force Poincare Map*** - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LIII (LVII), 2007, în curs de publicare.
5. Constantin I., Marinescu V., Epureanu A., Cuzmin C., Marin F. B., ***A modular manufacturing control system***, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 301-306.
6. Frumusanu G., Epureanu A. – ***Modelling of Cutting Process Chaotic Character.*** - TCMR International Conference, Chisinau, 2007, p.342-345.
7. Frumusanu G. – ***Algorithm and Program to Find Largest Lyapunov Exponent in One-Dimensional Time Series Case.*** - TCMR International Conference, Chisinau, 2007, p.338-341.
8. Marin F. B., Constantin I. C., Marinescu V., Cuzmin C., Epureanu A., ***Development of reconfigurable software module for CNC machine tools***, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 265-269.
9. Frumusanu G., ***Algorithm and Soft to Evaluate the Errors between Profiles Given through Points*** - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LII (LVI), Fasc.5A, 2006, p.119-122, ISSN 1011-2855.
10. Frumusanu G., ***The Influence of Reconstruction Delay and Embedding Dimension Values onto Time Series Lyapunov Exponents Calculation*** - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LIII (LVII), 2007, în curs de publicare.

11. Constantin I., Marinescu V., Paunoiu V., Marin F.B., ***Corecția erorilor de poziționare pentru axele lungi ale mașinilor unelte cu angrenaj***, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, pag. 420-424, ISBN 978-9975-45-035.
12. Cioca L., Breaz R.E., Racz G.S. ***Fuzzy Logic Tehniques used in Manufacturing Process Reengineering***, Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Simulation, Modelling and Optimisation (SMO '06), Lisbon, PORTUGAL, September 22-24, 2006, (indexata ISI).
13. Cioca L., Breaz R.E., Racz G.S., ***Multi-Criteria Decision Making Tehniques used in Manufacturing Processes Reengineering based upon Modelling and Simulation***, WSEAS Transaction on Systems,FRANTA, ISSN 1109-2777, (indexata ISI).
14. Racz G.S., Bologa O., Breaz R.E., ***Optimisation of the eccentric press structure***, WSEAS Transaction on Systems, FRANTA, ISSN 1109-2777, (indexata ISI).
15. Brabie G., Cristea I., Schnakovsky C., Chirita B., Gherghel M., ***Basic problems concerning the reconfiguration of manufacturing systems***, TSTM 12, Academia de Stiinte Tehnice, p/50-53, 2006.
16. Breaz R.E., Ciortea M.Z., ***Comparing PI digital and fuzzy PD Controllers for Mechatronic feed drives by means of simulation***, Acta Universitatis Cibiniensis uletin Stintific al Universitatii din Sibiu, Seria Tehnica A, Machine Tools and Robots, Sibiu, 2006, ISSN 1221-4949, (indexata BDI).
17. Breaz R.E., Oleksik V., Bologa O., ***Studies Regarding the Feed Drive of a Specialised Machine Tool by Means of Dynamic Simulation***, Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMA^s 2006, Published by Editura Academiei Romane, Bucharest 26-27 October, 2006, ISSN 1842-3183, (indexata BDI).
18. Racz G., Girjob C. ***Dynamic Behaviour of The Mechanical Presses***, Proceeedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMA^s2006, Published by Editura Academiei Romane, University POLITEHNICA of Bucharest, Machine and Manufacturing Systems Department, Bucharest, Romania, 26-27 October, 2006, ISSN 1842-3183, (indexata BDI).
19. Ciocan O., Ghiță E , ***Process and Tool for Machining of Small Size Spherical Surfaces***, Analele Universității “Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V., Tehnologii în construcția de mașini, anul XXIV(XXIX) 2006, ISSN-1221-4566, p. 76-79. (indexata BDI).
20. Brabie G., Ene F., Chirita B., ***Configuration of the deep drawing tools based on an optimization system using neural network methods***, TSTM 12, Academia de Stiinte Tehnice, p. 66 -70, 2006.
21. Brabie G., Chirita B., ***Application of the neural network method in optimization of the drawing process of hemispherical parts made from metal sheets***, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Polish Academy of Sciences, vol. VI, no. 2, 87-92, 2006, (indexata BDI).

22. Brabie G., *Optimization system based on LMecA* – Taguchi/Neural Network methods for the compensation of errors generated by springback in the case of drawparts made from metal sheets, Proc. of IDDRG 2006 Conf. Porto, 346-351, (indexata **BDI**).
23. Maier C., Kosmalski N., Banu M., Epureanu A., Paunoiu V., *Design of the virtual model of re-drawing process*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
24. Maier C., Tabacaru V., Banu M., Bouvier S., Marinescu V., *Designing of a modular set of inverse re-drawing dies aided by FEM simulation*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
25. Epureanu A., *Reconfigurable manufacturing systems – the next generation*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
26. Lixandru I., Epureanu A., Frumusanu G., Craciun M.V., *Coherence of RMS thermo-mechanical fields*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
27. Epureanu A., Marin F.B., Oancea N., Marinescu V., *Programming of reconfigurable machining systems – a new approach*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
28. Alamano A.M., Hauk N., Epureanu A., *Adaptive-optimal control of reconfigurable machine tool*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
29. M. Banu, A. Epureanu, O. Naidim, *A new algorithm for springback prediction of the automotive body cars using artificial intelligence methods*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
30. Frumusanu G., Oancea N., *The influence of Poles Chois on the Approximating Precision of Wrapping Profiles Given by Poles*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica “Gh. Asachi”, 2006, Iasi, Tomul LII(LVI), Fasc. 5, Sectia Constructii de Masini, p.123-16, ISSN 1582-6392.
31. Banu M., Florescu M., Epureanu A., Marinescu V., *An econometric model of the body cars manufacturing*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).

32. Frumusanu G., Epureanu A., *Chaotic dynamics of cutting processes applied to RMS Control*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
33. Paunoiu V, Maier C., Epureanu A., Banu M., *Virtual compensation of springback in sheet metal deformation with multipoint reconfigurable die* În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
34. Maier C., Banu M., Paunoiu V., Epureanu A., *Sheet metal forming analysis with multipoint reconfigurable die using data mining technique* , În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
35. Stoian C., Frumusanu G., *RMS design principle*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
36. George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Ciprian CUZMIN, *The monitoring of a lathe using an artificial neural network - 5th part*, (recordings spectral analysis, use of ANN on monitoring of the tool wear), SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29-31 May
37. George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Ciprian Cuzmin, *The monitoring of a lathe using an artificial network – 6th part* (statistics, monitoring, fuzzy C-means methos), SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29-31 May.
38. George C. Balan, Alexandru EPUREANU *The monitoring of the turning tool wear process using an artificial neural network*, presented at “The 2nd I*PROMS Virtual International Conference on Intelligent Production Machines and Systems”, Cardiff, U.K., 2006, published in *Intelligent Production Machines and Systems*, Elsevier, 2006, Editors D.T.Pham , E.E.Eldukhri, A.J.Soroka, pp. 20-25 (indexata **BDI**)
39. Balan C., Epureanu A, Vacarus V, *The monitoring of a lathe using an artificial neural network - 3rd part (the experimental setup)*, The Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics SISOM 2006, Academia Romana, Bucuresti, May 2006.
40. BALAN, C. George; EPUREANU, Alexandru; POPA, Rustem & CONSTANTIN, Ionut, *CHATTER DETECTION USING THE MAIN CUTTING FORCE*, trimisa la The 18th INTERNATIONAL DAAAM SYMPOSIUM "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Creativity, Responsibility and Ethics of Engineers", Croatia, 24-27th October 2007, (indexata **ISI**).
41. G. Balan si A. Epureanu *The monitoring of a lathe using an artificial neural network (1-st part)*, Annals of DAAAM for 2005 & Proceedings of the 16-th International DAAAM Symposium “Intelligent Manufacturing...”, ISSN 1726-9679, ISBN 3-901509-46-1, 19-22nd October 2005, Croatia, p. 019-020, (indexata **ISI**).

42. Banu M., Naidim O., Epureanu, A., **Artificial Neural Network applied to the Extrusion Die Wear Prediction**, International Journal of Materials and Product Technology, ISSN (Online): 1741-5209 - ISSN (Print): 0268-1900, 2006 (indexata ISI).
43. Gavrus, M. Banu, E. Ragneau, C. Maier, V. Marinescu, **Identification of Material Parameters for Deep-Drawing Process Using An Inverse Analysis of the Erichsen Test**, Conferinta Internationala SIA2007, 24-25 octombrie 2007, Caen, Franta, (indexata ISI).
44. Ciocan Ovidiu, **Echipament Tehnologic Destinat Prelucrării prin Deformare Plastică Superficială a Suprafețelor Cilindrice Exterioare**, Lucrările T.M.C.R., Editura Tehnică a Moldovei, Chișinău, 2007, pag. 271- 275, ISBN 978-9975-45-035-5 (vol. 1).
45. Păunoiu Viorel, Spiridonescu Cornelia, Nicoară Dumitru, Epureanu Alexandru, **Researches regarding the deep drawing with combined restraint**, TMCR, Chisinău, 2007, pag. 279-284, ISBN 978-9975-45-035-5.
46. Vacarus V., Gheorghies C., Dima Mircea, **Diagnosis of the structural changes intro superficial layer during high speed machining**, DIPRE Bucuresti 2007.
47. Epureanu A., Teodor V., Oancea N., Banu M., Marinescu V., **Method for On-Line Identification of Reconfigurable Machine-Tool Geometry Based on a Topological Neural Approach**, Journal of Manufacturing Science and Engineering(trimisa spre publicare) (indexata ISI).
48. Teodor V., Epureanu A., Cuzmin C., **Method for Identification of Geometric Feature Family Based on Genetic Algorithm and Neural Approach** Proceedeings of WSEAS EUROPEAN COMPUTING CONFERENCE, Grecia, September 25-27, 2007 (indexata ISI).
49. Paunoiu V., Nicoara D., Epureanu A., Maier C., Banu M., **Flexible stamping technology based on multipoint reconfigurable die**, ICMS 2007, Buletinul Institutului Politehnic din Iași 2007.
50. Banu M., Takamura M., Hama T., Naidim O., Teodosiu C., Makinouchi A., **Simulation of Springback and Wrinkling in Stamping of a Dual-phase Steel Rail-Shaped Part**, Journal of Material Processing Technology, Volume 173, Issue 2, 10 April 2006, Pages 178-184, Elsevier Science, ISSN 0924-0136, (indexata ISI).
51. Breaz R.E., Bologa O., Racz G.S., Oleksik V., **Motion control with fuzzy controllers - a study by means of simulation**, WSEAS Transaction on Systems, ISSN 1109-2777, (indexata ISI).
52. Breaz R.E., Oleksik V., Bologa O., **Mechatronic Contouring System for Unconventional Sheet Metal Forming**, Proceedings of The 32nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society IECON'06, Paris, France, November 7-10, 2006, ISBN 1-4244-0136-4, ISSN 1553-572X, IEEE Catalog Number 06CH37763C, (indexata ISI).
53. Haddadi H., Bouvier S., Banu M., Maier C., Teodosiu C., **Towards an accurate description of the anisotropic behaviour of sheet metals under large plastic deformationsL Modelling, numerical analysis and identification**, International Journal of Plasticity, Volume 22, Issue 12, December 2006, Pages 2226-2271, Elsevier Science, ISSN: 0749-6419, (indexata ISI).

54. Banu M., Epureanu A., Maier C., *A new experimental scheme for a global evaluation of springback in advanced thin metal sheets forming*, Analele Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati, Fascicula V, Anul XIX (XXIV), 57, 2006, ISSN 1221-4566 , (indexata **BDI**).
55. Banu M., Epureanu A., Maier C., *Application of Data Mining in Springback Estimation of the Hat-Bending Parts*, Analele Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati, Fascicula V, Anul XIX (XXIV), 57, 2006, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).
56. Brabie G., Ene F., Chirita B., *Analysis by simulation of the springback effects on the part dimensions in the case of drawparts made from metal sheets*, TSTM 12, Academia de Stiinte Tehnice, p. 26 -31, 2006.
57. Brabie G., Ene F., Chirita B., *Blankholder force influence on the springback intensity in the case of hemispherical draw parts made from metal sheets*, TSTM 12, Academia de Stiinte Tehnice, p. 22-25, 2006.
58. Dima, M., Oancea, N., Teodor, V., *Cutting Scheme Modeling at Generation by Rack-gear Tool. Algorithms*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh.Asachi", Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructii de Masini, p.85-90,2006, ISSN 1582-6392.
59. Dima, M., Teodor, V., Oancea, N., *Cutting Scheme-Reconfiguration Criteria of the Rack-Gear Tool Reconfigurability. Solutions for Rack Gear Tool*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi", 2006, Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructii de Masini, p. 97-104, ISSN 1582-6392.
60. Frumusanu, G., Oancea, N., *The Influence of Poles Choice on the Approximating Precision of Wrapping Profiles Given by Poles*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi", 2006, Iasi, Tomul LII(LVI) ,Fasc. 5, A, Sectia Constructii de Masini, p. 123-16, ISSN1582-6392.
61. Frumusanu,G., Oancea, N., Dura, G., *Applications of Representation by Poles as a Way to Approximate Wrapping Curves of Profiles Associated to Rolling Centroids*, Proceedings of the International Conferances on Manufacturing Systems ICMA S 2006, p. 303-306, ISSN: 1842-3183, (indexata **BDI**).
62. Gîrjob C., Bologa O., Racz G., *Determination Methods Of The Formability Of Metallic Material With Low Plasticity*, Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMA S2006, Published by Editura Academiei Romane, University POLITEHNICA of Bucharest, Machine and Manufacturing Systems Department, Bucharest, Romania, 26- 27 October, 2006 ISSN 1842-3183, (indexata **BDI**).
63. Marinescu V., Constantin I. C., Epureanu A., Teodor V., *Graphical Programming of Programmable Logic Controllers. Case Study for a Punching Machine*, Publicată în revista Enformatika, vol. 15, ISBN 975-00803-4-3, pag. 273-277, (indexata **ISI**).
64. Oancea, N., Frumusanu, G., Dura, G., *Algorithms for Representation by Poles as a Way to Approximate Wrapping Curves of Profiles Associated to Rolling Centroids*, Proceedings of the International Conferances on Manufacturing Systems ICMA S 2006, Editura Academiei Romane, p. 319-322, ISSN 1842-318, , (indexata **BDI**).

65. Paunoiu V., Epureanu A., Nicoara D., Ciocan O., *A review of the sheet metal forming methods using reconfigurable dies*, Analele Universității “Dunărea de Jos” din Galați, 2006 .(indexata **BDI**).
66. Paunoiu V., Nicoara D., Maier C., Banu M., Epureanu A., *Design an experimental reconfigurable die for sheet metal forming*, Analele Universității “Dunărea de Jos” din Galați, 2006 , (indexata **BDI**).
67. Epureanu, Al., Teodor, V., Dima, M., Oancea, N., *A Reconfigured Rack-Tool for Generation of Gears*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare (indexata **ISI**).
68. Cuzmin, C., Cuzmin, G., Epureanu, Al., *Internal Gear Cutting Generation with Toroidal Hob*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare (indexata **ISI**).
69. Oancea, N., Mihaluță, M., Teodor, V., *A New Mathematical Model for the Gear Cutter Profile Used in the Generation of Interior Polyform Surfaces*, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Fasc. V, Year XXIV (XXIX), Technologies in Machine Building, ISSN 1221-4566, 2006, pag. 40-43 (indexata **BDI**).
70. Oancea, N., Teodor , V., Mihaluță, M., Pîrvu, G., *The Modeling of Generation of Conical Polyform Surfaces*, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Fasc. V, Year XXIII (XXVIII), Technologies in Machine Building, ISSN 1221-4566, 2005, pag.15-21(indexata **BDI**).
71. Valentin Tăbăcaru, Mihaela Banu, Salima Bouvier, *Machinability analysis by Wire Cut Electroerosion of special hard metals*, Revista de Tehnologii Neconventionale, Nr. 2, Editura PRIM, Iași, 2007, pag. 113-120, ISSN 1454-3087 (indexata **BDI**).
72. Cucu, M., Teodor, V., Oancea, N., *Software for Worm Cutter Profiling*, Proceedings of “The 5th International Conference on Advanced Manufacturing Technologies-ICAMT 2007, AGIR Publishing House, ISSN 1843-3162, pag. 325-328, București, 2007.
73. Oancea, N., Cucu, M., Teodor, V., *Tangents Method for Graphical Representation of a Rotary Cutter Profile*, Proceedings of “The 2nd International Conference on Engineering Graphics and Design- ICEGED, 2007, “Dunarea de Jos” University, Galați 2007, Cermi, Iași, pag. 321-324, ISBN 978-973-667-252-1, (indexata **BDI**).
74. Dima, M., Oancea, N., *Model for the Graphical Determination of the Roughness*, Proceedings of “The 2nd International Conference on Engineering Graphics and Design-ICEGED, 2007, “Dunarea de Jos” University, Galati, Cermi, Iași, pag. 253-254, ISBN 978-973-667-252-1, (indexata **BDI**).
75. Dima, M., *Modele pentru ameliorarea procesului de danturare*, Tehnologii Moderne Calitate Restructurare 2007, Universitatea Tehnică a Moldovei, vol. 2, Chișinău, pag. 98-101, ISBN 978-975-45-034-8, ISBN 978-9975-45-035-2, 2007.

76. Epureanu, A., Cucu, M., Teodor, V., **Metoda tangentelor pentru profilarea sculelor de tip cuțit-roată**, Tehnologii Moderne Calitate Restructurare 2007, Universitatea Tehnică a Moldovei, vol. 2, Chișinău, pag. 102-105, ISBN 978-975-45-034-8, ISBN 978-9975-45-035-2.
77. George BALAN, **The monitoring of a lathe using an artificial neural network – 4th part (experimental results, data processing)**, “The Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics SISOM 2006, Academia Romana, Bucuresti, May 2006”, publicata pe CD-ul Simpozionului.
78. Oancea, N., Mihăluță, M., Teodor, V., **Aproximation of the Gear Cutter Profile Used in the Generation of Interior Polyform Surfaces**, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566; (indexata BDI).
79. Oancea, N., Dura, G., Paunoiu, V., **Representation by Pole, a Form for Expression the Elementary Profiles Generated by Wrapping**, Proceedings of the 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGIES, ICAMat 2005, Editura Academiei Române, 2005, ISBN 973-27-1254-6, pag. 513-518.
80. Frumusanu, G., Cucu, M., Oancea, N., **Tangents Method to Profile Rack-Tools to generate by Wrapping**, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Fasc. V, Year XXIV (XXIX), Technologies in Machine Building, ISSN 1221-4566, 2006, pag. 70-75, (indexata BDI).
81. Cucu, M., Oancea, N., Teodor, V., **Metoda tangentelor – profilarea sculei-cremalieră pentru profiluri circulare**, Tehnologii Moderne Calitate Restructurare 2007, Universitatea Tehnică a Moldovei, vol. 2, Chișinău, pag. 86-89, ISBN 978-975-45-034-8, ISBN 978-9975-45-035-2, 2007.
82. Breaz, R., Bologa, O., Oleksik, V., Racz, G., **Computer Simulation for the Study of CNC Feed Drives Dynamic Behavior and Accuracy**, The IEEE Region 8 EUROCON Conference, September 9-12, Warsaw, Poland, indexed IEEE Explore, indexed EI Compendex, indexed Library of Congress, (indexata ISI).
83. Breaz, R., Bologa, O., Racz, G., **Improving CNC Machine Tools Accuracy Using Modeling and Computer Simulation Techniques**, The 4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.
84. Racz, G., Bologa, O., Breaz, R.E., **Design and Optimization of the Press Structure**, The 4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.
85. Oleksik, V., Bologa, O., Racz, G., Deac, C., **Roughness Control of Parts Obtained through Incremental Sheet Forming**, The 4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.
86. Gavan E., Paunoiu V., Modiga M. - **Cylindrical Thick Plate Forming with Reconfigurable Die-Punch Tool.**, Conferința internațională de comunicări științifice Tehnologii moderne. Calitate. Restructurare, Vol. 1, Universitatea Tehnică a Moldovei, pag. 400-403, ISBN 9975-9875-4-0, Chișinău, Republica Moldova, 2005,

87. Paunoiu, V., Nicoara, D., Spiridonescu, C., Epureanu, A. - *Virtual deep drawing process with combined restraint*, The 8th International ESAFORM Conference on Material Forming, Cluj-Napoca, Romania, April 27-29, 2005, pag. 333-336, (indexata **BDI**).
88. Paunoiu V., Nicoara D., Lopez Cantera A. M., Higuera Arroyo P. – *Experimental researches regarding the forming limit curves using a reduced scale samples*, Analele Universității Dunărea de Jos din Galați, fasc. V, 2005, pag. 55-59, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).
89. Paunoiu V., Nicoara D., Lopez Cantera A. M., Higuera Arroyo P. - *Numerical simulation of forming limit curves using a reduced scale samples*, Analele Universității Dunărea de Jos din Galați, fasc. V, 2005, pag. 60-65, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).
90. Paunoiu, V., Maier, C., Epureanu, A., Banu, M. - *Virtual compensation of springback in sheet metal deformation with multipoint reconfigurable die*, Analele Universității Dunărea de Jos din Galați, Fascicule 5, Tehnologii in Constructia de Mașini, ISSN 1221-4566, 2007, (indexata **BDI**).
91. Banu M., Bouvier S., Paunoiu V., Epureanu A., Marinescu V., *A New Technique of Springback Prediction by Combining FEM Calculation and Artificial Neural Network*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 85-90, (indexata **BDI**).
92. Banu M., Naidim O, Paunoiu V, Maier C., Polanco S.M., Abia Nieto J.G., *QFD Application in an Automotive Case Study*, , Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 85- 90, (indexata **BDI**).
93. Cuzmin C., Cuzmin G., *Involute profile internal cylindrical teeth worm hob rolling generation*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 85- 90, (indexata **BDI**).
94. Dima M., *An Algorithm Applied to the Design of Centering and Fixing Devices*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 79- 85, (indexata **BDI**).

B. Citari ale lucrarilor elaborate in cadrul proiectului (exclusiv autocitarile)

1. "Study on the influence of work-hardening modeling in springback prediction", M. Oliveira, J.L. Alvez, B.M. Chaparo, L.F. Menezes, *International Journal of Plasticity*, 23 (2007) 516-543, (2006), Elsevier Science, ISSN 0749-6419. (indexata **ISI**).
2. "Modeling of induced flow anisotropy and its application to sheet metal forming", Jian Wang, doctoral dissertation, Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau, Dortmund 2006, Germania. (indexata **ISI**).
- 3 "Stress-strain responses for continuous orthogonal strain path changes with increasing sharpness", Van Riel M., van den Boogaard A.H., 2007, *Scripta Materialia* 57 (5), pp. 381-384, (indexata **ISI**).

4. " **Finite element prediction of sheet forming defects using elastic-plastic, damage and localization models**", Haddag B., Abed-Meraim F., Balan T. ,**2007**, *AIP Conference Proceedings* 908, pp. 227-232, (indexata **ISI**).
5. "**Kinematic hardening: Characterization, modeling and impact on springback prediction**", Alves J.L., Bouvier S., Jomaa M., Billardon R., Oliveira M.C., Menezes L.F., **2007**, *AIP Conference Proceedings* 908, pp. 691-698 (indexata **ISI**).
6. "**On the determination of material parameters for internal variable thermoelastic-viscoplastic constitutive models**", Andrade-Campos A., Thuillier S., Pilvin P., Teixeira-Dias F., *International Journal of Plasticity* 23 (8), **2007**, pp. 1349-1379, (indexata **ISI**).
7. "**Investigation of advanced strain-path dependent material models for sheet metal forming simulations**", Haddag B., Balan T., Abed-Meraim, **2007**, *International Journal of Plasticity* 23 (6), pp. 951-979, (indexata **ISI**).
8. "**Strategy of material parameters identification for non linear mechanical behavior: Sensitivity of FE computation**", Bouvire S., Alves L., Habraken A.M, **2007**, *AIP Conference Proceedings* 907, pp. 94-99 , (indexata **ISI**).
9. "**Model identification and FE simulations: Effect of different yield loci and hardening laws in sheet forming**", Flores P., Duchene L., Bouffieux C., Lelotte T., Henrad C., Pernon N., Van Bael A., Habraken A.M, **2007**, *International Journal of Plasticity* 23 (3), pp. 420-449, (indexata **ISI**).
10. "**Study on the influence of work-hardening modeling in springback prediction** ", Oliveira M.C., Alves J.L., Chaparro B.M., Menezes L.F., **2007**, *International Journal of Plasticity* 23 (3), pp. 516-543., (indexata **ISI**).
11. "**Analysis of draw-wall wrinkling in the stamping of a motorcycle oil tank**", Chen F., Liao Y.C., *Journal of Materials Processing Technology* 192-193, **2007**, pp. 200-203, (indexata **ISI**).
12. "**Analysis of draw-wall wrinkling in the stamping of a motorcycle oil tank**", Chen F., Liao Y.C., *Journal of Materials Processing Technology* 192-193, **2007**, pp. 200-203, (indexata **ISI**).
13. "**Finite-element simulation of the elliptical cup deep drawing process by sheet hydroforming**" Hama T., Hatekeyama, Asakawa M., Amino H., Makinouchi A., Fujimoto H., Takuda H., **2007**, *Finite Elements in Analysis and Design* 43 (3), pp. 234-246, (indexata **ISI**).
14. "**Formability of tube hydroforming under various loading paths**“, Hama, T., Ohkubo, T., Kurisu K., Fujimoto, H., Takuda, H., **2007**, *Journal of Materials Processing Technology* 177 (1-3), pp. 676-679, (indexata **ISI**).
15. "**Enhalten in den Sammlungen: Lehrstuhl für Mechanik**", Diese Arbeit wurde an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in der Projektgruppe „V.3901 Komponentensicherheit in der Energietechnik“ in Zusammenarbeit mit der Fakultät Maschinenbau der Universität Dortmund
16. "**Modeling of induced flow anisotropy and its application to sheet metal forming**", Wang J, Von der Fakultät Maschinenbau der Universität Dortmund zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation von Jian Wang.

17. **“Modeling of induced flow anisotropy and its application to sheet metal forming”** J Wang, Modeling of induced flow anisotropy and its application to sheet metal forming Von der Fakultat Maschinenbau der Universitat Dortmund zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation von Jian Wang .

C. Distinctii ale lucrarilor elaborate in cadrul proiectului

1. **Locul I in Science Direct "Top 25 Hottest Articles"**, iulie-sept. 2006, International Journal of Plasticity, jurnal ISI cu lucrarea H.Haddadi, S. Bouvier, M. Banu, C. Maier and C. Teodosiu, Towards an accurate description of the anisotropic behaviour of sheet metals under large plastic deformationsL Modelling, numerical analysis and identification, International Journal of Plasticity, Volume 22, Issue 12, December 2006, Pages 2226-2271, Elsevier Science, ISSN: 0749-6419. (Jurnal ISI)
2. **Locul al IX-lea in Science Direct "Top 25 Hottest Articles"**, ian-mar. 2006, Journal of Materials Processing Technology, cu lucrarea Banu M., Takamura M., Hama T., Naidim O., Teodosiu C., Makinouchi A., Simulation of Springback and Wrinkling in Stamping of a Dual-phase Steel Rail-Shaped Part, Journal of Material Processing Technology, Volume 173, Issue 2, 10 April 2006, Pages 178-184, Elsevier Science, ISSN 0924-0136. (Jurnal ISI)

D. Elaborare monografii

1. Banu M, Frumusanu G., Stoian C., Ciocan O., **Concepte moderne de fabricație. Îmbunătățirea continuă – Kaizen, Fabricație în flux (Lean manufacturing), Mentenanță productivă totală –** Editura Cartea Universitară, București, ISBN 973-731-403-4, (102 pag.), 2006.
2. Paunoiu V., Tabacaru V., Maier C., Epureanu A., Marinescu V., Nicoara D. – **Concepte moderne de fabricație. tehnologii pentru comprimarea timpului, proiectarea și realizarea rapidă de prototipuri**, Editura Cartea Universitară, București, 2006, ISBN 973-731-406-9, 146 pag.
3. Brabie G., **Optimizarea proceselor si echipamentelor de prelucrare mecanica**, Editura AGIR București, (235 pagini), 2006.
4. Teodor V., Oancea N., Dima M., **Profilarea sculelor prin metode analitice**, Editura Fundatiei Universitare “Dunarea de Jos” – Galati, 2006, ISBN (10)973-627-333-4; ISBN (13) 978-973-627-333-9.
5. Epureanu A., Marinescu V., Oancea N., Banu M., Teodor V., Cuzmin C., Marin F.B., Constantin I., **Reconfigurable machining systems control**, Denbridge Press publishing house, SUA,(210 pagini), 2007, in curs de publicare.

E. Inventii realizate in cadrul proiectului

Rezultatele obtinute in cadrul proiectului au fost protejate prin inregistrarea la nivel national (O.S.I.M.). Au fost elaborate **14** inventii (13 fiind inregistrate, unul aflandu-se in curs de inregistrare)

1. Cuzmin C., Epureanu A, Banu M., Teodor V., Marinescu V., Marin F. B., **Metoda si echipament de conducere dimensionala bazata pe monitorizarea campului termo-mecanic** - Dosar Nr. A 00255/12.04.2007.

2. Epureanu A., Marinescu V., Ghita E., Oancea N., Teodor V., Banu M., **Robot reconfigurabil de masurare** - Dosar Nr. A 00627/06.09.2007
3. Cuzmin C., Epureanu A., Cuzmin G., Banu M., Marinescu V., Oancea N., **Freza-melc modul toroidala pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare si exterioare cu dinti drepti si inclinati** - Dosar Nr. A 00254/12.04.2007
4. Cuzmin C., Epureanu A., Oancea N., Marinescu V., Banu M., **Strung universal reconfigurabil** - Dosar Nr. A 00577/13.08.2007
5. Epureanu A., Dima M., Teodor V., Eugen G., Oancea N., **Dispozitiv pentru realizarea arborilor poliformi cu aplicatie la masinile reconfigurabile** - Dosar Nr. A 00575/13.08.2007
6. Dima M., Epureanu A., Teodor V., Oancea N., **Cutit roata pentru danturare** - Dosar Nr. A 00982/2006
7. Epureanu A., Dima M., Constantin E., Capatana N., **Scula-melc pentru danturare** - Dosar Nr. A 00983/2006
8. Epureanu A., Dima M., Teodor V., Oancea N., **Cutit-pieptene pentru danturare** - Dosar Nr. A 00706/2.11.2006.
9. Marin F.B., Epureanu A., Marinescu V., Banu M., Maier C., Oancea N., **Hard disk destinat sistemelor incorporate de conducere a masinilor unelte reconfigurabile** – Dosar Nr. A 00626/6.09.2007.
10. Epureanu A., Marin F.B., Marinescu V., Banu M., Maier C., Oancea N., **Metoda si sistem incorporat pentru conducerea masinilor reconfigurabile** - Dosar Nr. A 00576/13.08.2006
11. Tabacaru V., Banu M., Marinescu V., Maier C. - **Sistem modular de dispozitivare EDM** - Dosar Nr. A 00253/12.04.2007.
12. Paunoiu V., Epureanu A., Maier C., Ciocan O., Banu M., Marinescu V., **Metoda de ambutisare si masina reconfigurabila de ambutisat** - Dosar Nr. A 00576/13.08.2007.
13. **Echipament pentru ambutisare hidraulica reconfigurabila** - Dosar Nr. A 00850/2006.
14. **Procedeu si echipament pentru controlul dimensional adaptiv al procesului de ambutisare cu matrite reconfigurabile – (in curs de brevetare)**

F. Propuneri standarde internationale

1. Proposal for update - **International Standard ISO/FDIS 1101/2000**-Geometrical Product Specifications (GPS) – Geometrical Tolerancing – Tolerances of Form Orientation, Location and Runout.

G. Manifestari stiintifice

1. Workshop "*Intelligent manufacturing systems*", Dr. C. Teodosiu, Universite Paris 13, Franta , 15-17 aprilie 2006.
2. Seminar roman-francez "*Modelling of materials behaviour used in automotive company*" Dr. Salima Bouvier, Dr. Monique Gasperini, Universite Paris 13, 20-23 mai 2006.
3. Workshop *Zilele "Dacia – Renault"* 8-10 noiembrie 2006.
4. Simpozion international "*New trends in intelligent manufacturing systems*" cu participarea prof. Mourad CHERIF si mcf. Yves Roussigne, LPMTM - Universite Paris13, Franta, 15-20 aprilie 2007.
5. Seminar roman-francez international "*O noua generatie de sisteme reconfigurabile pentru prelucrari mecanice*" cu participarea prof.dr.ing. Adinel GAVRUS - Insa de Rennes, Franta, 9-13 iulie 2007.

H. Editare publicatii

1. **RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEMS**, Thematic Serie, Vol. 1, The Annals of Dunarea de Jos University, Fascicula V, Anul XXX (XXV), 2007, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).

I. Programe post-doctorale

1. Conducerea sistemelor tehnologice reconfigurabile
2. Echipamente tehnologice reconfigurabile pentru deformarea plastica a tablelor

J. Teze de doctorat

1. Mircea Dima, *Contributii la modelarea schemelor de aschiere la generarea suprafetelor asociate unor axoide in rulare cu aplicatii la sistemele reconfigurabile*, Teza de doctorat, finalizata.
2. Dumitru Ghecenco, *Sistem cibernetic multi-agent dedicat metaprocesului de prelucrare prin aschiere-piata* , Teza de doctorat, finalizata.
3. Ana Maria Alamano, *Cercetari privind controlul adaptiv optimal al procesului de aschiere cu aplicatii la sistemele reconfigurabile de prelucrare*, Teza de doctorat, finalizata.
4. Marin Florin Bogdan, *Modelarea holonica a cinematicii sistemelor de prelucrare reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de derulare
5. Valeriu Petrus, *Cercetari privind conducerea dimensionala a sistemelor tehnologice reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de finalizare.

6. Ionut Constantin, *Sistem adaptiv de conducere dimensionala cu aplicatii la masinile unelte reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de derulare.
7. Simona Luca, *Modelarea dinamicii haotice a procesului de aschiere cu aplicatii in controlul stabilitatii masinilor unelte reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de derulare.
8. Viorel Vacarus, *Sisteme reconfigurabile de prelucrare cu viteze foarte mari, Teza de doctorat*, in curs de derulare.
9. Berbinchi Silviu, *Contributii la modelarea 3D a erorilor de generare a suprafetelor*, Teza de doctorat, in curs de derulare.
10. Horia Silvica, *Cercetari privind imbunatatirea performantelor sculelor aschietoare utilizata la prelucrarea pieselor din industria siderurgica*, Teza de doctorat, in curs de derulare.

K. Realizare prototipuri

1. Sistem mecano-hidraulic reconfigurabil de actionare a robotilor, Instalatie prototip.
2. Sistem de conducere dimensionala adaptiva a masinilor unelte reconfigurabile. Aplicatie pentru cazul unui strung frontal.
3. Sistem de conducere dimensionala predictiva a masinilor unelte reconfigurabile. Aplicatie pentru cazul unei masini de frezat.

L. Proiecte transmise la programe internationale

1. Proiectul european REHOLM, call identifier:FP7-NMP-2007-SMALL-1, intitulat *Development of robotic-smart machines for batch industrial production in open-ended and rapid changing real-market environments, with application in design of the next generation of machining systems*, Proposal No: CP-FP 213288-1, elaborat de Universitatea "Dunarea de Jos" Galati.
2. Proiectul european ARCM, call identifier FP7-NMP-2007-LARGE-1 intitulat *Advanced research concerning the characteristics of composite materials with metallic matrix*, Nr. FP7-212552-1, elaborat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi" Iasi.
3. Proiectul european INTELIDEF, call identifier:FP7-NMP-2007-SMALL-1, intitulat *Developing a new generation of metal forming systems characterized by intelligent control based on the online capturing of knowledge and its use in decision-making*, Proposal No: CP-FP 214578-1, elaborat de Universitatea "Dunarea de Jos" Galati si Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu.
4. Proiectul european ICFDSPP, call identifier: FP7-ERC-2007-StG, intitulat: *Identification of chaotic and fractal dynamics of severe plastic deformation process aiming bulk materials nanostructuring*, Proposal No: 204078-1, elaborat de Gabriel Frumusanu, Universitatea "Dunarea de Jos" din Galati.

5. Proiectul european NANOMET, call identifier:FP7-ERC-2007-StG , , intitulat: **Multiscale Modelling of the Deformation Mechanisms in Metal Forming**, Proposal No: 208365-1, elaborat de Mihaela Banu, Universitatea “Dunarea de Jos” Galati.
6. Proiectul european RECREMSOIL, call identifier: FP7-NMP-2007-LARGE-1, intitulat **Combined technologies for recovery and remediation of polluted environment**, Proposal No: FP7-212568, elaborat de Universitatea din Bacau, Centrul de cercetare IMT si Universitatea din Dunquerque - Franta.

M. Parteneriate internationale nou create

1. Acord de parteneriat stabilit intre RIKEN Research Institute Tokio, Japonia, reprezentat de Dr. Akitake Makinouchi, Program Director, VCAD System Research Program, si Universitatea “Dunarea de Jos” din Galati, reprezentata de Prof. Dr. Ing. Nicoale Oancea, Directorul Centrului de Cercetari IT-CM, la data de 24 Mai 2007. Corespunzator acordului de parteneriat prima actiune va consta in desfasurarea unui doctorat in cotutela condus de Prof. Dr. Ing. Alexandru Epureanu si Prof.Dr. Akitake Makinouchi, doctorand cu frecventa Susac C. Florin, tema “Modelarea si conducerea sistemelor de turnare reconfigurabile”, perioada de doctorat 2007-2010.
2. Acord de parteneriat stabilit intre LMPTM, Paris reprezentata de « , si Universitatea “Dunarea de Jos” din Galati, reprezentata de Prof. Dr. Ing.Epureanu Alexandru, coordonator stiintific la Centrul de Cercetari IT-CM. Corespunzator acordului de parteneriat prima actiune va consta in desfasurarea unui doctorat in cotutela condus de Prof. Dr. Ing. Alexandru Epureanu sii, doctorand cu frecventa Tofan V.Alice-Nicoleta, tema “Sisteme reconfigurabile de micromanufacturare prin deformare plastica”, perioada de doctorat 2007-2010.

N. Produse software

1. Produs software **CONTINTEL** destinat conducerii adaptiv inteligente a sistemelor reconfigurabile de prelucrare
2. Produs software NEUROREC
3. Produs software NEUROSPRING
4. Produs software SinCONPETRI
5. Software-uri in house pentru generarea cinematicii diferitelor procese de prelucrare
6. Sistem software reconfigurabil pentru comanda unui strung
7. Sistem software pentru comanda unei masini de prelucrare liniara
8. Sistem software de comanda a liniilor de prelucrare prin stantare
9. Sistem software de comanda a liniilor de prelucrare prin gaurire
10. Sistem de monitorizare si comanda pentru instalatii de zincare termica in vederea eficientizarii consumurilor energetice
11. Program INFA.LSP – soft destinat profilării sculelor reconfigurabile care generează prin aşchiere;
12. Program PSGR.HTML – soft destinat analizei sculelor tip cremalieră, cuţit roată şi cuţit rotativ.
13. SOL_PL.PAS - Produs soft dedicat modelării unor suprafeţe cu evoluţie continuă generabile cu un solid plan
14. SOL_CIL.PAS - Produs soft dedicat modelării unor suprafeţe cu evoluţie continuă generabile cu un solid cilindric

O. Produse web

1. Portalul e-Reconfig pe site-ul ugal
2. Demonstrativ-film cu ambutisarea folosind matrite reconfigurabile

P. Programe noi de formare continua

1. Curs postuniversitar de perfectionare intitulat "**Sisteme de prelucrare reconfigurabile-concepte de proiectare**", Centrul de Formare Continua si Transfer Tehnologic (CFCTT) al Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati.

Numarul total de ore: 56.

Structura cursului

Modulul 1: Sisteme tehnologice reconfigurabile

Modulul 2: Conceperea arhitecturii hardware si software a sistemelor reconfigurabile de fabricatie

Modulul 3: Conducerea sistemelor tehnologice reconfigurabile

2. Curs postuniversitar de perfectionare intitulat "**Tehnici de programare (OLE) a interfetelor de conducere a masinilor de prelucrare**", Centrul de Formare Continua si Transfer Tehnologic (CFCTT) al Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati.

Numarul total de ore: 56.

Q. Programe si cursuri noi de nivel universitar sau postuniversitar

1. Masterat francofon, in domeniul sistemelor eficiente de prelucrare a materialelor cu specializarea **Inginerie tehnologică asistată de calculator**, 1.5 ani, in colaborare cu Universitatea Paris 13.
2. Curs universitar, **Sisteme flexibile de fabricatie**, anul III, Roboti Industriali.
3. Curs universitar, **Modelarea sistemelor mecatronice**, anul III, Mecatronica.
4. Curs universitar, **Managementul proiectelor**, anul IV, Mecatronica.

R. Organizare cursuri pregătire

1. Curs postuniversitar de perfectionare intitulat **Utilizarea calculatorului in conducerea sistemelor tehnologice, cu aplicatii la sistemele reconfigurabile**, desfasurat la MITAL STEEL Galati, 56 ore, 16 credite, 34 cursanti, perioada 3.09-20.06.2006.

S. Consultanta si asistenta tehnica

1. Consultanta si asistenta tehnica la intreprinderile S.C. CELPI S.A. Bucuresti, S.C. Electromontaj Bucuresti, S.C. Edil Mecanica S.A., Filipestii de Padure, World Machinery Works S.A. Bacau.

T. Produse / tehnologii noi implementate

1. **Tehnologie bazata pe ICT de conducere dimensionala**, implementata la masinile FICEP-20.36-NT, FICEP-16.34-NT, FICEP-803-PN, VERNET-PG-116 S de la S.C. CELPI S.A. Bucuresti.
2. **Tehnologie de conducere dimensionala adaptiva**, implementata la masinile FICEP-14.15 DCA (2 buc.), FICEP LPA 15, la S.C. EDIL-MECANICA S.A. de la Filipestii de Padure.
3. **Tehnologie de conducere dimensionala predictiva**, in curs de implementare, la masinile FICEP 14.15 DCA (2 buc.), FICEP 20.36 NT, VERNET-PG-137 S de la Electromontaj Bucuresti.
4. **Sistem de comanda numerica reconfigurabil**
 - modul de interfata om-masina reconfigurabil;
 - server OPC pentru gestionarea resurselor informatice ale sistemului de comanda numerica reconfigurabil;
 - bloc reconfigurabil de control al masinilor unelte reconfigurabile (PLC, module I/O analogice, numerice si de control al axelor).

U. Efecte multiplicatoare

1. **Frumusanu G., Oancea N., The Influence of Poles Choice on the Approximating Precision of Wrapping Profiles Given by Poles** - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LII (LVI), Fasc.5A, 2006, p.123-126, ISSN 1011-2855.
2. Epureanu A. Maier C., Vacarus V. , Gheorghies C, **Researches concerning residual stresses in the superficial layer of the high-speed machined surfaces**, "3rd National Conference on Applied Physics", iunie 2007.
3. Stoian C., **Study Concerning the Dynamic Feed System from Plain Grinding Machine** - Buletinul Universității Tehnice „Gh. Asachi” din Iași, ISSN 1011-2855, Tomul LII(LVI), Fascicula 5a, p. 325-331, 2006.
4. Stoian C., **Mașini-unelte automate** - Editura Cartea Universitară, București, 195 pag., 2007.
5. Stoian C., Musat S., Frumusanu G., **Systems with Vibrating Hopper to Do Machine-Tools Automatic Feeding**. - TCMR International Conference, Chisinau, 2007, p.
6. Stoian C., Frumusanu G., **Machine-Tools Working Parts Position Automatic Regulation** - Buletinul Institutului Politehnic din Iași, ISSN 1582-6392, Fascicula 5, Tomul LI (LV), 2005, p.41-44.
7. Stoian C., Frumusanu G., **Contributions to Production Systems Functional Reliability Analysis** - Analele Universității "Dunărea de Jos" din Galați, ISSN 1221-4566, Fascicula V, 2006, p.13-18.

8. Stoian C., Frumusanu C., *Method to Calculate Equipments Previsional Reliability* - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LII (LVI), Fasc.5C, 2006, p.1105-1108, ISSN 1011-2855.
9. Stoian C., Frumusanu G., *Preventive Maintenance Assurance by Using Critical Track Principle* - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LII (LVI), Fasc.5C, 2006, p.1109-1112, ISSN 1011-2855.
10. Ghita Eugen, *Teoria angrenarii suprafetelor poliexcentrice cilindrice exterioare*, TCMR Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 118-122.
11. Ghita Eugen, *Frezarea suprafetelor poliexcentrice exterioare pe masini de danturat*, TCMR Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 122-126.
12. Ghita Eugen, *Analiza procesului de frezare a suprafetelor poliexcentrice*, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 126-139.
13. Căpățină, N., Mihăluță, M., Teodor, V., *The Profiling of the Abrasive Tools for the Continuous Sharpening of Hobbing Cutters with Shifted Teeth*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 102-104;
14. Căpățină, N., Mihăluță, M., Teodor, V., *Module Worm Cutter with Active Surfaces Generated by Continuous Sharpening*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2007, în curs de publicare;

4. Rezumat

Proiectul are drept punct de start observatia ca, in prezent, companiile care furnizeaza sisteme mecanice trebuie sa faca fata evolutiilor rapide ce au loc in lume, atat in domeniul tehnic, cat si cel economic sau comercial. Principalele evolutii sunt urmatoarele:

- *Globalizarea economiei*, avand drept consecinta accentuarea concurentei.
- *Individualizarea nevoilor*, ceea ce determina personalizarea produselor.
- *Dinamizarea capitalului*, ceea ce genereaza exigente sporite privind eficienta impusa investitiilor.
- *Discretizarea structurilor industriale si comerciale*, ceea ce face ca locul marilor intreprinderi sa fie luat de grupuri de IMM-uri independente.

Aceste evolutii impun *un nou echilibru* intre economie, tehnologie si societate. Pentru a face fata concurentei in acest nou mediu economic, companiile trebuie sa fie capabile sa reactioneze rapid si cu cheltuieli minime la actualele solicitari ale pietei, care se caracterizeaza prin:

- cresterea *frecventei de introducere* a unor noi produse;
- reducerea *volumului comenzilor*;
- cresterea *varietatii produselor* comandate;
- schimbari in *continutul reglementarilor* guvernamentale (de exemplu cele legate de mediu sau de siguranta produselor);
- schimbari rapide in ceea ce priveste *tehnologiile de fabricatie* aplicate.

Proiectul a avut drept scop elaborarea unor metode de simulare, modelare si productie virtuala, bazate pe tehnologia informatiei si comunicarii, si dedicate unei noi generatii de sisteme de prelucrare reconfigurabile, care sa ofere o solutie la aceasta provocare. Noua generatie de sisteme tehnologice, conceputa in cadrul proiectului, are urmatoarele caracteristici definitorii:

- a) sunt reconfigurabile, cu arhitectură hardware deschisă, realizate din module universale, mecatronice, cu sisteme încorporate de control in-situ;
- b) au autoprogramare numerică in-cycle,
- c) sunt cu calitatea și economicitatea controlate on-machine.
- d) sunt cu conducere adaptivă, optimală, predictivă, on-line.

Motivații:

Modulele fiind *universale*, biblioteca de module pe care întreprinderea o are trebuie sa contina un numar mic de module; ca urmare numarul modulelor neutilizate la un moment dat este *restrans*, tinzand spre zero (chiar in conditiile unei productii de serie mica si foarte diversificata, asa cum este cazul actualmente pe piata); ca efect, *capitalul stagnant*, atat de mare in prezent, se diminueaza spre zero, iar *durata de recuperare* a investitiei se reduce la 4-5 ani, in loc de 15..20 de ani cat este in prezent.

Conducerea acestor sisteme tehnologice reconfigurabile are caracter *adaptiv*, in sensul ca, prin reidentificare periodica online, modelul de conducere urmareste evolutia in timp si spatiu a comportarii sistemului; pe de alta parte, conducerea are caracter *predictiv* intrucat *corectia precede aparitia erorii*.

Pe de alta parte, la aceasta noua generatie de sisteme tehnologice, potrivit proiectului, evolutia in timp si spatiu, atat a comportarii sistemului, cat si a caracteristicilor mecanice ori dimensionale ale semifabricatului, este surprinsa prin constructia unor modele *simple, localizate in spatiu, efemere, construite cu date recente*, in loc de modele *complexe, generale, perene, construite din date istorice*, folosind actualele facilitati oferite de ICT (senzori wireless si supplyless, sisteme incorporate, tehnici data-mining, etc).

In dezvoltarea acestei noi generatii de sisteme tehnologice, echipa proiectului a plecat de la observatia ca, dupa reconfigurare, un sistem de fabricatie reconfigurabil *este practic un sistem nou*, foarte putin cunoscut, ce trebuie condus pentru fabricarea unui obiect, care este, de asemenea, *foarte putin cunoscut*. Intrucat, nici sistemul si nici obiectul nu sunt suficient cunoscute, este necesara dezvoltarea unor tehnici de *identificare on-line* a sistemului si procesului de prelucrare (indiferent deconstructia sistemului sau natura fizica a procesului: aschiere, deformare plastica, injectia maselor plastice, electroeroziune, presarea pulberilor etc.), finalizata cu obtinerea unui model, care sa reprezinte o descriere *la momentul curent* a interactiunii dintre cele doua elemente. *Modelul* astfel obtinut este folosit pentru *simularea* functionarii ansamblului, *prelucrarea virtuala* a produsului si elaborarea setului de comenzi preventive, necesare pentru *compensarea deviatiilor* de orice fel, constatate in cursul prelucrării virtuale.

In cadrul proiectului a fost dezvoltata o tehnica bazata pe ICT pentru conducerea adaptiv-inteligenta a sistemelor de fabricatie reconfigurabile. Aceasta tehnica presupune implementarea unui algoritm de identificare on-line a sistemului, pe baza unui model parametric, simularea conducerii sistemului si formularea corectiilor necesare pentru compensarea deviatiilor, iar in final, elaborarea comenzilor necesare pentru prevenirea deviatiilor rezultate din simulare. Tehnica a fost verificata experimental pe loturi de piese de proba, dar si piese industriale, iar performanta realizata a corespuns anticiparilor, si anume reducerea de cinci ori a deviatiilor remanente.

La nivelul intregului sistem de fabricatie a fost dezvoltata o tehnica de conducere bazata pe o noua clasa de retele Petri. A fost dezvoltata o metodologie de proiectare a modelelor de conducere up-

down si down-up. Au fost folosite serverele de aplicatii OLE- Microsoft si OPC-Schneider pentru implementarea interfetelor om-masina si a legaturii cu PLC.

Tehnica de conducere adaptiv/inteligenta a fost extinsa de la procesele de prelucrare prin aschiere la cele de prelucrare prin deformare plastica, caz in care s-a dezvoltat o tehnica predictiva bazata pe element finit pentru controlul formei matritelor cu pini reconfigurabili. In acest sens a fost dezvoltata o schema de reconfigurabilitate bazata pe cunostinte prin aplicarea procedurilor din domeniul "rough set theory". Simularile numerice ale deformarii tablelor in cursul ambutisarii cu matrite avand timp reconfigurabili au confirmat posibilitatea implementarii tehnice predictive dezvoltate in proiect.

In scopul generalizarii tehnicii de conducere bazata pe ICT ce a fost dezvoltata in cadrul proiectului, au fost imaginate tehnici noi de modelare a cinematicii sistemelor de profilare a sculelor generatoare. Pe baza teoriei generale a infasurarii suprafetelor au fost dezvoltate metode pentru modelarea infasurarii suprafetelor, aplicabile pe masini care genereaza vartejuri ordonate de suprafete. Aceste abordari au fost validate in cazurile procedeeleor neconventionale reconfigurabile (electroeroziune) si in cazul procedeeleor de danturare. Pentru confirmarea rezultatelor obtinute in cadrul proiectului a fost realizat un demonstrativ de functionare virtuala a sistemelor de fabricatie reconfigurabile. Demonstrativul a fost dezvoltat pe doua nivele: nivelul sistemului de fabricatie si nivelul sistemelor tehnologice care il compun.

In urma activitatilor desfasurate in cadrul proiectului au fost publicate 94 de lucrari stiintifice, 60 dintre acestea in publicatii indexate ISI/BDI, iar doua au obtinut distinctii. In cursul anilor 2006 si 2007 au aparut 17 citari ale acestor lucrari, din care 14 in publicatii indexate ISI. Au fost realizate 14 inventii, 13 fiind inregistrate la OSIM in perioada proiectului, iar una urmand a fi inregistrata. O parte dintre rezultatele obtinute au fost implementate industrial la trei intreprinderi si se afla in curs de implementare la altele doua. Rezultatele obtinute in urma activitatilor din proiect includ de asemenea monografii, parteneriate nou create, programe postdoctorale si programe universitare noi.

5. Descriere stiintifica si tehnica

5.1. Dezvoltarea unei tehnici bazate pe ICT pentru conducerea adaptiv/inteligenta a sistemelor de fabricatie reconfigurabile

5.1.1 Premise stiintifice si tehnice

Procesele de maine se vor desfasura din ce in ce mai mult in retele complexe, care adesea opereaza peste granitele companiilor si in spatiu international. Fabricarea bazata pe cunoastere implica nu numai utilizarea cunoasterii pentru optimizarea proceselor si a resurselor de productie specifice, ci si integrarea acestei cunoasteri si a transferului ei prin intermediul platformelor de cunoastere si a retelor competente spre alte domenii unde poate constitui un avantaj.

Tinta cercetarilor actuale este dezvoltarea unor sisteme de fabricatie care sa aiba capacitatea de a-si modifica sub-sistemul de conducere, in acord cu modificarile ce apar in ceea ce privesc proprietatile tehnologice ale materialului prelucrat, proprietatile mecanice ale materialelor sculelor/elementelor active folosite, precum si succesul pe piata al produsului obtinut in urma prelucrarii.

Industria manufacturieră utilizează pentru fabricația în serie a produselor sale un portofoliu de sisteme de fabricație dedicate și flexibile. Liniile de fabricație dedicate (DML) sunt bazate pe automatizarea fixă necostisitoare. Fiecare linie dedicată este proiectată să producă o singură componentă cu o productivitate ridicată și cost relativ scăzut. Dar, în condițiile introducerii cu frecvență ridicată a produselor noi și a marii fluctuații a cererii de produse, pot apărea situații în care liniile de fabricație nu operează la întreaga lor capacitate. În aceste cazuri capitalul existent în atelier și o mare parte a investițiilor de capital sunt irosite.

Sistemele de fabricație flexibile (FMS) constau în mașini de uz general scumpe, cu comandă numerică (CNC) și pot realiza o mare varietate de produse, variabile ca volum de fabricație. De vreme ce aplicațiile specifice nu sunt cunoscute producătorilor de mașini, FMS sunt realizate cu toate posibilitățile funcționale. Acest lucru creează o irosire a capitalului.

Pentru a diminua risipirea de capital s-a dezvoltat o nouă categorie de sisteme de manufacturare numite „reconfigurable manufacturing systems” (RMS) la care, atât mașinile unelte cât și sistemul de manufacturare în ansamblu au următorul set de caracteristici de bază: modularitate, convertibilitate, integrabilitate, scalabilitate, diagnozabilitate și personalizare.

Ideile pe care se bazează această nouă tehnică sunt următoarele:

- mai întâi (RMT)-urile ce intră în componența RMS-ului trebuie să aibă o structură modulară, iar modulele să aibă un nivel înalt de integrabilitate, astfel încât, folosind o bibliotecă cu un număr mic de module, să se poată obține rapid oricare dintre RMT-urile componente (convertibilitate). Altfel spus, cu aceleași module disponibile să se poată obține o gamă largă de RMT-uri, iar la fiecare RMT să se poată asigura productivitatea necesară (scalabilitate). În acest fel se reduce capitalul irosit.

- în al doilea rând, sistemul de programare, monitorizare și control al RMT-ului trebuie să fie modular și să aibă arhitectură deschisă, astfel încât să se poată reconfigura ușor structura, adăugând sau scoțând module după necesități (modularitate).

- în cel de al treilea rând, pentru ca RMS-ul să poată oferi capabilitățile de mai sus, este necesar ca domeniul de utilizare al acestuia să fie restrâns la o anumită familie de piese (customization).

- în cele din urmă sistemul de control trebuie să aibă capacitatea de a detecta sursele de abateri care afectează calitatea produsului și de a reduce efectul acestora (diagnozabilitate).

Tehnica dezvoltată în cadrul proiectului presupune elaborarea unei metode de identificare dimensională a RMT-ului în scopul de a asigura diagnozabilitatea acestuia. Astfel, mai întâi, din module diferite a fost obținută o mașină unealtă care asigură funcționabilitatea necesară într-o anumită stație de lucru a RMS-ului. Apoi, pentru a obține diagnozabilitate, se montează senzorii cu care se va monitoriza funcționarea mașinii-unelte, precum și echipamentele cu care vor fi evaluate abaterile dimensionale ale produsului. Semnalele senzorilor și abaterile dimensionale ale produsului vor fi înregistrate, iar prin procesarea acestor date RMT-ul va fi identificat.

Relația dintre componentele erorii și cauzele care determină apariția acestora a fost modelată de mulți cercetători. Astfel, X. Li modelează deformarea elastică a ansamblului mașina-unelte

Hong Yang și Jun Ni propun o metodologie de modelare a erorii termice, denumită „Modelarea dinamică a erorii termice”, care îmbunătățește acuratețea mașinii-unelte. Teoria de identificare a sistemului este aplicată pentru realizarea modelului erorii termice dinamice pentru predicția on-line a acesteia.

Choudhury S. K., V. K. Jain și S. Rama Krishna au dezvoltat un senzor pentru monitorizarea on-line și controlul abaterilor dimensionale ale piesei, datorate uzurii sculei în timpul strunjirii. Senzorul cu fibră optică a fost utilizat pentru sesizarea modificărilor dimensionale ale piesei în diferite condiții ale procesului de așchiere. S-a presupus că aceste schimbări dimensionale se datorează uzurii flancului sculei. A fost dezvoltat un soft de tip rețea neuronală pentru predicția on-line a uzurii sculei, și a fost dezvoltat sistemul de compensare a uzurii sculei în direcție radială.

Se constată că, în modelele prezentate în literatură, cauzele considerate au fost abaterile geometrice ale ghidajelor, lagărelor și ale altor elemente ale mașinii, uzura sculei, deformarea termică a mașinii și deformarea elastică provocată de acțiunea forței de așchiere. Celelalte cauze, cum ar fi de exemplu revenirea elastică a semifabricatului după îndepărtarea unui strat de material, deformarea provocată de fixarea semifabricatului în cursul prelucrării, variația în timp a comportării sistemului mașina-unelte - piesa, nu au fost considerate. Pentru descrierea relației dintre eroare și cauzele care o produc, s-au folosit în principal modele analitice rețele neuronale, modele ARMA și modele „grey”. Pe de altă parte modelele prezentate, deși sunt complicate, au domeniul de valabilitate restrâns, astfel încât nu pot fi utilizate atunci când forma piesei prelucrate se schimbă, sau când comportarea dimensională a RMT-ului se modifică în timp și spațiu. În fine, construcția acestor modele presupune derularea unor programe experimentale speciale, mari consumatoare de timp.

Metoda de identificare a comportării dimensionale a RMT-ului, dezvoltată în cadrul proiectului, încearcă să elimine aceste neajunsuri prin aceea că:

- datele pe baza cărora se identifică comportarea dimensională a RMT-ului sunt obținute din monitorizarea RMT-ului în cursul funcționării lui curente;

- descrierea comportării RMT-ului se realizează, nu printr-un model general, ci printr-un algoritm nou de supervizare și extragere a cunostintelor, aplicat local și anume aplicat unui set recent de date rezultate din funcționarea curentă a RMT-ului;

- descrierea RMT-ului prin metoda propusă urmărește îndeaproape evoluția în timp a comportării acesteia;

- se modelează abaterea în întregime, nu doar a anumite componente ale acesteia. Metoda de identificare propusă, conduce la obținerea unei bune corespondențe între valorile prezise și cele măsurate, astfel că în cazul compensării erorii, acuratețea (precizia) dimensională a piesei poate fi majorată de peste 10 ori.

5.1.2 Activitati operationale desfasurate

Pentru dezvoltarea tehnicii bazata pe ICT de conducere adaptiv/inteligenta a sistemelor de fabricatie reconfigurabile, au fost desfasurate urmatoarele activitati operationale:

- 1-Dezvoltarea unui algoritm de identificare on-line a sistemelor de fabricatie reconfigurabile;
- 2-Modelarea si simularea procesului de prelucrare;
- 3-Algoritm pentru conducerea dimenisonala adaptiv inteligenta a sistemelor de fabricatie reconfigurabile;
- 4-Verificarea experimentală a tehnicilor bazate pe ICT dezvoltate in cadrul proiectului.

5.1.3 Ideile cheie considerate. Modul de abordare.

In prezent, companiile care furnizeaza sisteme mecanice trebuie sa faca fata evolutiilor rapide ce au loc in lume, atat in domeniul tehnic, cat si cel economic sau comercial. Principalele evolutii sunt urmatoarele:

- *Globalizarea economiei*, avand drept consecinta accentuarea concurentei.
- *Individualizarea nevoilor*, ceea ce determina personalizarea produselor.
- *Dinamizarea capitalului*, ceea ce genereaza exigente sporite privind eficienta impusa investitiilor.
- *Discretizarea structurilor industriale si comerciale*, ceea ce face ca locul marilor intreprinderi sa fie luat de grupuri de IMM-uri independente.

Aceste evolutii impun *un nou echilibru* intre economie, tehnologie si societate. Pentru a face fata concurentei in acest nou mediu economic, companiile trebuie sa fie capabile sa reactioneze rapid si cu cheltuieli minime la actualele solicitari ale pietei, care se caracterizeaza prin:

- cresterea *frecventei de introducere* a unor noi produse;
- reducerea *volumului comenzilor*;
- cresterea *varietatii produselor* comandate;
- schimbari in *continutul reglementarilor* guvernamentale (de exemplu cele legate de mediu sau de siguranta produselor);
- schimbari rapide in ceea ce priveste *tehnologiile de fabricatie* aplicate.

Solutia conceptuala pe care proiectul o ofera la aceasta provocare este dezvoltarea unei noi generatii de sisteme tehnologice, care sa aiba urmatoarele caracteristici definitorii:

- a) Sunt reconfigurabile, cu arhitectură hardware deschisă, realizate din module universale, mecatronice, cu sisteme incorporate de control in-situ;
- b) Au autoprogramare numerică in-cycle.
- c) Sunt cu calitatea și economicitatea controlate on-machine.
- d) Sunt cu conducere adaptivă, optimală, predictivă, on-line.

Motivații:

Modulele fiind *universale*, biblioteca de module pe care intreprinderea o are trebuie sa contina un numar mic de module; ca urmare numarul modulelor neutilizate la un moment dat este *restrans*, tinzand spre zero (chiar in conditiile unei productii de serie mica si foarte diversificata, asa cum este cazul actualmente pe piata); ca efect, *capitalul stagnant*, atat de mare in prezent, se diminueaza spre zero, iar *durata de recuperare* a investitiei se reduce la 4-5 ani, in loc de 15..20 de ani cat este in prezent.

Conducerea acestor sisteme tehnologice reconfigurabile are caracter *adaptiv*, in sensul ca, prin reidentificare periodica online, modelul de conducere urmareste evolutia in timp si spatiu a

comportării sistemului; pe de altă parte, conducerea are caracter *predictiv* întrucât *corectia precede apariția erorii*.

Pe de altă parte, la această nouă generație de sisteme tehnologice, potrivit proiectului, evoluția în timp și spațiu, atât a comportării sistemului, cât și a caracteristicilor mecanice ori dimensionale ale semifabricatului, este surprinsă prin construcția unor modele *simple, localizate în spațiu, efemere, construite cu date recente*, în loc de modele *complexe, generale, perene, construite din date istorice*, folosind actualele facilități oferite de ICT (senzori wireless și supplyless, sisteme încorporate, tehnici data-mining, etc).

În dezvoltarea acestei noi generații de sisteme tehnologice, echipa proiectului a plecat de la observația că, după reconfigurare, un sistem de fabricație reconfigurabil *este practic un sistem nou*, foarte puțin cunoscut, ce trebuie condus pentru fabricarea unui obiect, care este, de asemenea, *foarte puțin cunoscut*. Întrucât, nici sistemul și nici obiectul nu sunt suficient cunoscute, este necesară dezvoltarea unor tehnici de *identificare on-line* a sistemului și procesului de prelucrare (indiferent de deconstrucția sistemului sau natura fizică a procesului: aşchiere, deformare plastică, injecția maselor plastice, electroeroziune, presarea pulberilor etc.), finalizată cu obținerea unui model, care să reprezinte o descriere *la momentul curent* a interacțiunii dintre cele două elemente. *Modelul* astfel obținut este folosit pentru *simularea* funcționării ansamblului, *prelucrarea virtuală* a produsului și elaborarea setului de comenzi preventive, necesare pentru *compensarea deviațiilor* de orice fel, constatate în cursul prelucrării virtuale.

Pentru prezentarea la nivel conceptual a ideii de mai sus, să considerăm prelucrarea unui lot de piese, cu sisteme tehnologice de această nouă generație. În prima fază, folosind modulele universale de care întreprinderea dispune, sistemul tehnologic este reconfigurat, astfel încât să aibă caracteristici adecvate procesului de prelucrare ce urmează să se desfășoare. Este prima formă de adaptare la piață a sistemului tehnologic – arhitectură hardware deschisă.

Apoi are loc prelucrarea *de proba*, incompletă, a primului exemplar din lot (care reprezintă prima experiență în algoritmul de identificare online). Urmează prima identificare on-line a sistemului tehnologic, la care se vor folosi rezultatele obținute din monitorizarea prelucrării de proba a primului exemplar, precum și cunoștințele acumulate în baza de cunoștințe a sistemului tehnologic. Modelul astfel obținut se va folosi pentru a *prelucra virtual* exemplarul următor și, funcție de rezultatul obținut, se vor aplica, *preventiv*, corecțiile necesare pentru compensarea deviațiilor. După fiecare exemplar prelucrat, rezultatele acumulate în baza de date sunt folosite pentru re-identificarea sistemului, simularea exemplarului următor, prelucrarea virtuală a acestuia, prognoza deviațiilor care este de așteptat să apară și elaborarea comenzii necesare în vederea prelucrării reale, *fără deviații*, a respectivului exemplar.

Ideile conceptuale, pe care s-a bazat dezvoltarea acestei noi generații de sisteme tehnologice, au fost concretizate în cazul sistemelor tehnologice de *așchiere* și de *ambutisare*, a căror funcționare este controlată sub aspectul *calității* produsului și a *economicității* procesului.

Pentru exemplificare, mai jos se prezintă concretizarea conceptului în cazul *conducerii dimensionale* a sistemelor tehnologice de *așchiere*, programate *numeric* și controlate sub aspectul calității produsului. Să considerăm cazul în care suprafața programată este cea țintă. Ca urmare a erorilor de sistem și de proces, suprafața reală diferă de cea programată, rezultând o eroare efectivă de prelucrare. Dacă însă în locul suprafeței țintă, se programează o suprafață ce reprezintă *imaginea în oglindă a suprafeței reale*, atunci este de așteptat ca diferențele dintre suprafața reală și cea țintă să se anuleze. Pentru aceasta este însă necesară prelucrarea virtuală a exemplarului următor, în vederea *prognozei* deviațiilor dimensionale care este de așteptat să apară. Trebuie observat faptul că, *eroarea reziduală nu depinde, nici de erorile de sistem și nici de intensitatea procesului, ci doar de precizia cu care au fost prognozate deviațiile corespunzătoare exemplarului următor*.

Pentru derularea acestor actiuni este necesara utilizarea unui sistem senzorial adecvat si a tehnicilor de inteligenta artificiala (in principal retele neuronale, algoritmi genetici, baze de date si baze de cunostinte), care sa fie implementate in conexiune cu noua configuratie hardware a sistemului reconfigurat.

In cadrul proiectului au fost testate tehnicile de modelare, identificare, simulare si productie virtuala dezvoltate. In ceea ce priveste abaterea dimensionala, rezultatele experimentale au fost spectaculoase. Aceasta a scazut de 5 pana la de 110 ori in raport cu prelucrarea conventionala, asa cum arata rezultatele obtinute prin experimentari in conditii de laborator sau industriale.

5.1.4 Actiunile stiintifice si alte actiuni intreprinse

A. Cercetari stiintifice intreprinse

1. Cuzmin C., Frumusanu G., Marin F.B., Paunoiu V., Cuzmin G., Epureanu A., *Adaptive Dimensional Control System for Reconfigurable Machine-Tools.*, Vol. 1, Universitatea Tehnică a Moldovei, ISBN 978-9975-45-035-1, TCMR International Conference, Chisinau, 2007.

Abstract:

The paper is presenting a method for online identification of the dimensional dynamics to be used for dimensional control of reconfigurable machining systems. The dimensional control is a key action in order to achieve quality desired for finite product. As diminishing deviation is accompanied with high costs: deviation compensation seem to be a better control of the process.

2. Cuzmin C., Teodor V., Oancea N., Marinescu V., Epureanu A., *Dimensional dynamics identification of reconfigurable machine tools.* Proceedings of WSEAS European Computing Conference, Athens, GREECE, September 25-27, 2007, (indexata ISI).

Abstract:

The paper presents a new method for online identification of the dimensional dynamics to be used for the dimensional control of reconfigurable machining systems. The dimensional control is designed as adaptive and predictive.

The dimensional control of the reconfigurable machining system is a key action in order to achieve the quality desired for the finite product. As a diminishing deviation presents the disadvantage that reducing deviations are accompanied by high costs, the deviation compensation implies a better control of the process.

The deviation compensation emerged during the working process requires knowledge of a model which describes the dimensional dynamics of the machine tool, which is the relation between the dimensional changing of the processed part and the parameters of the process. On the other hand the behavior of the machining system evolution changes significantly in time even during the processing of a small number of parts processed. This is the reason that dimensional dynamics must reveal the changing in time of the relation between dimensional variation of the parts and the process parameters.

Keywords: reconfigurable machine tools, online identification, dimensional dynamics, dimensional control.

3. Epureanu A., Teodor V. ,*On-Line Geometrical Identification of Reconfigurable Machine Tool using Virtual Machining*, Publicată în revista Enformatica, vol. 15, SPANIA, 2006, ISBN 975-00803-4-3, (indexata ISI).

Abstract:

One of the main research directions in CAD/CAM machining area is the reducing of machining time. The feedrate scheduling is one of the advanced techniques that allows keeping constant the uncut chip area and as sequel to keep constant the main cutting force. They are two main ways for federate optimization. The first consists in the cutting force monitoring, which presumes to use complex equipment for the force measurement and after this, to set the feedrate regarding the cutting force variation. The second way is to optimize the feedrate by keeping constant the material removal rate regarding the cutting conditions. In this paper there is proposed a new approach using an extended database that replaces the system model. The feedrate scheduling is determined based on the identification of the reconfigurable machine tool, and the feed value determination regarding the uncut chip section area, the contact length between tool and blank and also regarding the geometrical roughness. The first stage consists in the blank and tool monitoring for the determination of actual profiles. The next stage is the determination of programmed tool path that allows obtaining the piece target profile. The graphic representation environment models the tool and blank regions and, after this, the tool model is positioned regarding the blank model according to the programmed tool path. For each of these positions the geometrical roughness value, the uncut chip area and the contact length between tool and blank are calculated. Each of these parameters are compared with the admissible values and according to the result the feed value is established. We can consider that this approach has the following advantages: in case of complex cutting processes the prediction of cutting force is possible; there is considered the real cutting profile which has deviations from the theoretical profile; the blank-tool contact length limitation is possible; it is possible to correct the programmed tool path so that the target profile can be obtained. Applying this method, there are obtained data sets which allow the feedrate scheduling so that the uncut chip area is constant and, as a result, the cutting force is constant, which allows to use more efficiently the machine tool and to obtain the reduction of machining time.

Keywords: reconfigurable machine tool, system identification, uncut chip area, cutting conditions scheduling.

4. Frumusanu G., Epureanu A. – *Approach of Cutting Processes Chaotic Character by Using Cutting Force Poincare Map* - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LIII (LVII), 2007, în curs de publicare.

Abstract:

The potential chaotic character of cutting processes was already confirmed by calculated values of Lyapunov exponent in the case of time series including cutting force values during manufacturing by turning. To consolidate this assumption, other instruments offered by Chaos Theory are available; among them, Poinace map is a significant one. In this paper are presented Poincare map type diagrams, drawn based on time series including cutting force values during manufacturing by turning, by using a dedicated soft; a comparison between them and chaotic phenomena phase portraits existing in dedicated literature is also made.

Keywords: cutting force, Poincare map, time series, cutting process.

5. Constantin I., Marinescu V., Epureanu A., Cuzmin C., Marin F. B., *A modular manufacturing control system*, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 301-306.

Abstract:

This paper proposes a modular manufacturing system structure. The key concept is to modularize the machines, the auxiliary equipment and finally the plant. In architecture, each module had a set of configuration parameters used by the main module of each sub-structure. The multi processor structure allows the production facility to adapt itself to the production task.

6. Frumusanu G., Epureanu A. – *Modelling of Cutting Process Chaotic Character*. - TCMR International Conference, Chisinau, 2007, p.342-345.

Abstract:

“Chaos Theory” application when analyzing and identifying cutting manufacturing processes could bring new and very interesting elements, with direct application in conceiving manufacturing systems with high performances. To reach this goal, first of all evaluation of a certain process chaotic character must become possible (and easy) to be done. This paper intends to suggest a method, by using a special dedicated soft and files including cutting force values (measured during a cutting test), as time series, to evaluate chaotic or non-chaotic character of analyzed process. Concrete samples are also included.

7. Frumusanu G. – *Algorithm and Program to Find Largest Lyapunov Exponent in One-Dimensional Time Series Case*. - TCMR International Conference, Chisinau, 2007, p.338-341.

Abstract:

During the last years, many researchers tried to apply “Chaos Theory” to explain phenomena from various domains, starting from medicine and weather prediction and going up to manufacturing by metal cutting. The main sign that characterizes the chaotic character of a certain process is “the largest Lyapunov exponent”. To calculate it, more methods were already suggested, but this paper covers a less tackled field – time series case. Examples of application are presented and results quality is analyzed by comparing them to accepted reference cases.

Keywords: reconfigurable machine tools, open-architecture, interpreter, condition instructions set

8. Frumusanu G., *Algorithm and Soft to Evaluate the Errors between Profiles Given through Points* - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LII (LVI), Fasc.5A, 2006, p.119-122, ISSN 1011-2855.

Abstract:

There are many situations when a cutting tool profile or a curve characterizing a surface generated by wrapping cannot be found by their analytical expressions; The solution is, after using specific numerical methods, to obtain the profile through a file of points co-ordinates. The paper suggests an algorithm to calculate with higher accuracy, the maximum distance between two curves, each one given by a file of points. Applications solved by an original dedicated soft are also included.

Keywords: profiles given through points, errors evaluation

9. Frumusanu G., *The Influence of Reconstruction Delay and Embedding Dimension Values onto Time Series Lyapunov Exponents Calculation* - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LIII (LVII), 2007, în curs de publicare.

Abstract:

During the last years, many researchers tried to apply "Chaos Theory" to explain phenomena from various domains, including manufacturing by metal cutting. The main sign that characterizes the chaotic character of a certain process is "the largest Lyapunov exponent". To calculate it, more methods were already suggested, but there are differences between results. By using an original dedicated soft, this paper tries to find the influence of specific parameters with effect onto time series Lyapunov exponents calculation (reconstruction delay, embedding dimension, etc) in the final results.

Keywords: largest Lyapunov exponent, time series, reconstruction delay, embedding dimension.

10. Epureanu A., *Reconfigurable manufacturing systems – the next generation* În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566,p.5 (indexata **BDI**).
11. Lixandru I., Epureanu A., Frumusanu G., Craciun M.V., *Coherence of RMS thermo-mechanical fields*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, p.23 (indexata **BDI**).

Abstract:

Deviation compensation for the axis controlled of a machine tool is based on the error diagram as a result of measurement.. Due to machine thermo-mecanical field, error diagram is modified accordingly, which is diminishing compensation performance. In this paper it is described a new update periodic tehniqe of the error diagram using spline functions and by identification of the law for the evolution as a result of themo-mecanical field continuous variation. This law is based on coherent themo-mecanical evolution in time as well as the evolution coherent of spline model parameteres. The main advantage of this tehniqe is that when monitoring a reduced number of points for the themo-mecanical field, it is possible to update with high precision error diagram.

12. Alamano A.M., Hauk N., Epureanu A., *Adaptive-optimal control of reconfigurable machine tool*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, p.35 (indexata **BDI**).
13. Frumusanu G., Oancea N., *The influence of Poles Chois on the Approximating Precision of Wrapping Profiles Given by Poles*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica “Gh. Asachi”, 2006, Iasi, Tomul LII(LVI), Fasc. 5, Sectia Constructii de Masini, p.123-16, ISSN 1582-6392.
14. Frumusanu G., Epureanu A., *Chaotic dynamics of cutting processes applied to RMS control*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, p.53 (indexata **BDI**).

Abstract:

There are already known and enounced into dedicated literature the limits of classic theory concerning cutting processes stability. Starting from this aspect and also from the need of designing an intelligent system to control cutting stability, to enable full use of RMS technological system productivity resources, this paper is a first step to a new approach of cutting process dynamics, seen as chaotic phenomenon. By using Chaos Theory tools (Lyapunov exponent calculation, Poincare maps), a specific parameter, characterizing cutting process (the cutting force), variation is analyzed, in order to reveal a chaotic model of this process. Such a model will allow a better understanding of phenomena connected to cutting processes (in)stability, same time with imagining a simple and efficient tool to control the stability of cutting processes developed on RMS.

15. Stoian C., Frumusanu G., *RMS design principle*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems-** Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN 1221-4566, p.71 (indexata **BDI**).

Abstract:

The reconfigurable machine system is a mixture of dedicated manufacturing system high performance and flexible manufacturing system convertibility. RMS provide the feature of manufacturing a large variety and small production volumes with high economic efficiency. Reconfigurable manufacturing system allows fast changes of structure, in order to an fast adapt to production required, of both software and hardware components. The aim of this paper, is to state and describe the principles of reconfigurable manufacturing system design.

16. George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Ciprian CUZMIN, *The monitoring of a lathe using an artificial neural network - 5th part*, (recordings spectral analysis, use of ANN on monitoring of the tool wear), SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29-31 May

Abstract:

The study of machine-tool dynamic is realized here as “monitoring”, meaning checking and improving the functioning of the machine. The state of processing is followed by certain sensors whose signs are processed inside the computer and then it takes the decision of monitoring, meaning the identification of a class from the set of classes (process conditions). In this part of the paper there are presented recordings spectral analysis and use of ANN on monitoring of the tool wear.

Keywords: monitoring, lathe, spectral analysis, ANN.

17. George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Ciprian Cuzmin, *The monitoring of a lathe using an artificial network – 6th part* (statistics, monitoring, fuzzy C-means methos), SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29-31 May.

Abstract:

The study of machine-tool dynamic is realized here as “monitoring”, meaning checking and improving the functioning of the machine. The state of processing is followed by certain sensors whose signs are processed inside the computer and then it takes the decision of monitoring, meaning the identification of a class from the set of classes (process conditions). In this part of the paper there are presented statistics, monitoring and fuzzy c-means method.

Keywords: monitoring, lathe, ANN.

18. George C. Balan, Alexandru EPUREANU *The monitoring of the turning tool wear process using an artificial neural network*, presented at "The 2nd I*PROMS Virtual International Conference on Intelligent Production Machines and Systems", Cardiff, U.K., 2006, published in Intelligent Production Machines and Systems, Elsevier, 2006, Editors D.T.Pham, E.E.Eldukhri, A.J.Soroka, pp. 20-25, (indexata BDI).

Abstract:

The study of machine tool dynamics is performed here as "monitoring", which involves the checking and improving of machine functioning. Signals collected from certain sensors are processed by a computer. These data then lead to the monitoring decision, which is to associate the current state of operation with one of the classes from a set of known classes. For monitoring in turning, the classes (tool conditions) are shown.

The experimental setup, experimental results and data processing are presented. For the monitoring of the tool wear, an artificial neural network (ANN) is used.

Keywords: monitoring, turning, ANN (= artificial-neural-network).

19. Balan C., Epureanu A, Vacarus V, *The monitoring of a lathe using an artificial neural network - 3rd part (the experimental setup)*, The Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics SISOM 2006, Academia Romana, Bucuresti, May 2006.

Abstract:

The study of machine-tool dynamic is realized here as "monitoring", meaning checking and improving the functioning of the machine. The state of processing is followed by certain sensors whose signs are processed inside the computer and then it takes the decision of monitoring, meaning the identification of a class from the set of classes (process conditions).

In this part of the paper we continue the presentation of the experimental setup (cutter holder accelerations, cutting temperature, surface roughness, power), of the cutting working conditions and of the tool wear.

Keywords: monitoring, lathe, experimental setup.

20. BALAN, C. George; EPUREANU, Alexandru; POPA, Rustem & CONSTANTIN, Ionut, *CHATTER DETECTION USING THE MAIN CUTTING FORCE*, trimisa la The 18th INTERNATIONAL DAAAM SYMPOSIUM "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Creativity, Responsibility and Ethics of Engineers", Croatia, 24-27th October 2007, (indexata ISI).

Abstract:

(Li, 1997) uses the coherence function between two crossed accelerations to identify chatter in turning. In a frame of an experiment we registered the accelerations of the cutter-holder, for different cutting wear classes (c1 ÷ c6), where c6 means "Chatter". 12 monitoring indices were calculated, among which: $X_5 \rightarrow F_z$ variation range; $X_6 \rightarrow$ number of intersections of oscillogram F_z with its average value. The histograms of the column matrices corresponding to the monitoring indices X_5 and X_6 , shown for each class, underline the accurate use of these indices values for chatter detection. The coherence function between the accelerations in the directions Y and Z was calculated. The class recordings c6 falls (with an exception) under the criterion from (Li,1997), but it can be seen that 75 % from the c2 class recordings takes maximum value of the coherence function equal to or greater than 0.91. The first 6 monitoring indices were calculated for these recordings. According to a new criterion (which operate with the monitoring indices X_5 and X_6), these recordings are **not** within the class c6, but class c2. As a conclusion, we believe that the new criterion is much more efficient than those at (Li, 1997).

Keywords: turning, chatter detection, coherence function.

21. G. Balan și A. Epureanu *The monitoring of a lathe using an artificial neural network (1-st part)*, Annals of DAAAM for 2005 & Proceedings of the 16-th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing...", ISSN 1726-9679, ISBN 3-901509-46-1, 19-22nd October 2005, Croatia, p. 019-020, (indexata ISI).
22. Vacarus V., Gheorghies C., Dima Mircea, ***Diagnosis of the structural changes into superficial layer during high speed machining***, DIPRE Bucuresti 2007.
23. Epureanu A., Teodor V., Oancea N., Banu M., Marinescu V., ***Method for On-Line Identification of Reconfigurable Machine-Tool Geometry Based on a Topological Neural Approach***, Journal of Manufacturing Science and Engineering(trimisa spre publicare) (indexata ISI).
24. Teodor V., Epureanu A., Cuzmin C., ***Method for Identification of Geometric Feature Family Based on Genetic Algorithm and Neural Approach*** Proceedings of WSEAS EUROPEAN COMPUTING CONFERENCE, Grecia, September 25-27, 2007 (indexata ISI).
25. Paunoiu V., Epureanu A., Nicoara D., Ciocan O., ***A review of the sheet metal forming methods using reconfigurable dies***, Analele Universității "Dunărea de Jos" din Galați, 2006 (indexata BDI).
26. Paunoiu V., Nicoara D., Maier C., Banu M., Epureanu A., ***Design an experimental reconfigurable die for sheet metal forming***, Analele Universității "Dunărea de Jos" din Galați, 2006, (indexata BDI).
27. Epureanu, Al., Teodor, V., Dima, M., Oancea, N., ***A Reconfigured Rack-Tool for Generation of Gears***, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare (indexata ISI).
28. Cuzmin, C., Cuzmin, G., Epureanu, Al., ***Internal Gear Cutting Generation with Toroidal Hob***, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare (indexata ISI).
29. Oancea, N., Dura, G., Paunoiu, V., ***Representation by Pole, a Form for Expression the Elementary Profiles Generated by Wrapping***, Proceedings of the 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGIES, ICAMat 2005, Editura Academiei Române, 2005, ISBN 973-27-1254-6, pag. 513-518.

Abstract:

Multiple representations forms for profiles and surfaces are known: in analytic form using equations in explicit and implicit form, in vector form, parametric. Also approximate representations are used but this satisfied only if it's considering a level of accuracy knowledge of these surfaces: shapes as discrete representations, by a finite points cloud, polyhedral representation, by pole. The last one has the advantage of a condensate representation of the surfaces with respect an imposed accuracy. In this context, the paper presents the problem of elementary shapes (line segment, arc) using the representation by pole knowing that these are the based elements for the composite profiles, generated by wrapping in rolling method.

30. Frumusanu, G., Cucu, M., Oancea, N., **Tangents Method to Profile Rack-Tools to generate by Wrapping**, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Fasc. V, Year XXIV (XXIX), Technologies in Machine Building, ISSN 1221-4566, 2006, pag. 70-75, (indexata **BDI**).

Abstract:

Modelling surfaces generated by wrapping, by using the rolling method supposes to know a rack-tool profile numerical model together to a specific algorithm to study the enwrapped of a profiles family discreetly expressed. On this way, a specific algorithm —“Tangents method”— was created, in order to allow enwrapped surfaces study, when profile to be generated is discreetly represented. The quality of this method was proved already known by comparing the results from its application to the solutions given by already known methods. Examples when generating by using a rack-tool an elementary profile are presented. The results obtained shows the quality of suggested algorithm to study enwrapped profiles associated to a couple of rolling centrod.

31. Cucu, M., Oancea, N., Teodor, V., **Metoda tangentelor – profilarea sculei-cremalieră pentru profiluri circulare**, Tehnologii Moderne Calitate Restructurare 2007, Universitatea Tehnică a Moldovei, vol. 2, Chişinău, pag. 86-89, ISBN 978-975-45-034-8, ISBN 978-9975-45-035-2, 2007.

Abstract:

“Tangents Method”, as algorithm used to profile a rack-type tool, to generate by wrapping elementary profiles (in the presented case – a circular profile) it is proved to be, as results, comparable to the theorems and methods already accepted. Numerical examples are exposed, realized when generating a circular profile, associated to a circular centrod by R_{rp} radius, obtained by using the new algorithm and also by using algorithms specific to “Willis Method” and “Plain Generating Trajectories Method”.

32. Breaz, R., Bologa, O., Oleksik, V., Racz, G., **Computer Simulation for the Study of CNC Feed Drives Dynamic Behavior and Accuracy**, The IEEE Region 8 EUROCON Conference, September 9-12, Warsaw, Poland, indexed IEEE Explore, indexed EI Compendex, indexed Library of Congress, (indexata **ISI**).
33. Breaz, R., Bologa, O., Racz, G., **Improving CNC Machine Tools Accuracy Using Modeling and Computer Simulation Techniques**, The 4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.
34. Racz, G., Bologa, O., Breaz, R.E., **Design and Optimization of the Press Structure**, The 4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.

D. Brevetarea rezultatelor stiintifice

Rezultatele obtinute in cadrul proiectului au fost protejate prin inregistrarea la nivel national (O.S.I.M.). Au fost elaborate 14 inventii (13 fiind inregistrate, unul aflandu-se in curs de inregistrare)

1. Cuzmin C., Epureanu A, Banu M., Teodor V., Marinescu V., Marin F. B., **Metoda si echipament de conducere dimensionala bazata pe monitorizarea campului termo-mecanic** - Dosar Nr. A 00255/12.04.2007.

Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și echipamentul corespunzător destinate conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, pe baza monitorizării câmpului termo-mecanic în timpul procesului de prelucrare. Modificările câmpului termo-mecanic în timpul prelucrării sunt corelate cu erorile de prelucrare apărute în lungul traiectoriei sculei. Această corelație este identificată pe baza datelor obținute din monitorizarea sistemului tehnologic în cursul prelucrării pieselor anterioare. Modelul obținut este folosit pentru prognoza erorii la piesa curentă. Eroarea prognozată este compensată folosind sistemul de conducere numerică. În acest fel eroarea de prelucrare depinde doar de precizia cu care s-a realizat prognoza.

Invenția se aplică la prelucrarea mecanică a unui lot de piese prin așchiere pe sisteme de prelucrare cu comanda numerică.

2. Epureanu A., Marinescu V., Ghita E., Oancea N., Teodor V., Banu M., **Robot reconfigurabil de masurare** - Dosar Nr. A 00627/06.09.2007

Rezumat:

Prezenta invenție se referă la o nouă construcție de robot destinat măsurării dimensiunilor obiectelor.

Se cunosc masinile de masurat în coordonate, fixe sau portabile, care presupun explorarea succesivă a suprafeței de masurat, folosind un palpator cu cap sferic, și calculul, pe baza rezultatelor obținute prin explorare, a deviațiilor de forma, dimensiune și poziție relativă ale suprafeței. Atât masinile fixe cât și cele portabile sunt compuse dintr-un număr fix de elemente, cuplate prin intermediul unor elemente de conectare, care se pot roti sau transla unul față de altul. În fiecare element de conectare există un traductor, care masoară distanța sau unghiul dintre cele două elemente conectate. La unul dintre capete se află palpatorul, care explorează suprafața de masurat, iar celălalt capăt este fixat pe același suport ca și obiectul. Numărul de elemente de cuplare trebuie să fie destul de mare, pentru ca palpatorul să poată explora suprafețele de interes, ale acelui obiect aflat în câmpul de lucru al mașinii care are cea mai complicată formă și cea mai mare dimensiune.

Prin intermediul calibrării – proces care se desfășoară separat față de procesul de măsurare și care constă în explorarea unor obiecte de referință – se estimează parametrii modelului matematic al mașinii de masurat. Acest model permite calculul coordonatelor centrului sferic al palpatorului, funcție de valorile distanțelor și unghiurilor măsurate de traductoare.

Pentru măsurarea unei suprafețe, operatorul trebuie mai întâi să stabilească numărul de puncte care vor fi explorate pe respectiva suprafață și să introducă în sistem, în mod explicit și independent, următoarele informații: tipul suprafeței de masurat, (de exemplu cilindrică, plană, conică, etc.), caracterul acesteia (interioară sau exterioară) și caracteristicile geometrice ale palpatorului. Apoi, trebuie să exploreze suprafața după un algoritm impus (de exemplu, în cazul unei suprafețe cilindrice, primele trei puncte trebuie să se afle pe un arc de cerc de cel puțin 120 de grade, iar următoarele 3 puncte trebuie să se afle pe un alt arc de cerc de asemenea de 120 de grade). După ce operatorul a explorat numărul de puncte stabilit, trebuie să dea comanda de evaluare a caracteristicilor geometrice ale suprafeței explorate (de exemplu diametrul suprafeței cilindrice sau deviația acestuia în raport cu valoarea nominală).

Actualele construcții de mașini portabile de masurat au următoarele dezavantaje:

- în majoritatea cazurilor de măsurare, numărul de elemente ce compun structura respectivei mașini de masurat este mult mai mare decât minimumul necesar; în consecință, eroarea de măsurare este mai mare iar utilizarea de către operator al mașinii este mai dificilă;
- calibrarea este sofisticată, imprecisă și cere mult timp;
- eroarea de măsurare este de aproximativ de 10 ori mai mare decât eroarea de repetabilitate, ceea ce înseamnă că nu se utilizează în întregime performanțele de precizie ale traductoarelor din elementele de cuplare;

- pentru a pune în practică procedura de măsurare a unei dimensiuni, operatorul trebuie să întreprindă un număr mare de acțiuni care face ca procesul de măsurare să fie complicat și să necesite mult timp.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este realizarea unui robot de măsurare, care, fiind mai bine adecvat formei și dimensiunilor obiectului de măsurat, să asigure un proces de măsurare mai precis și cu mai puțin efort din partea operatorului.

Prezenta invenție elimină dezavantajele de mai sus prin aceea că:

a) pentru a corela configurația robotului de măsurare, cu forma și dimensiunile obiectului măsurat, acesta are o structură variabilă, care se obține prin cuplarea după necesități a mai multor elemente, astfel încât să se obțină un sistem articulată, având două sau mai multe extremități, în fiecare articulație aflându-se un traductor, care masoară unghiul de rotație al respectivei articulații, și la fiecare extremitate aflându-se un element adecvat, pentru a asigura contactul cu obiectul sau cu suportul acestuia;

b) în timpul explorării suprafeței de măsurat, se recunosc automat elementele geometrice măsurate, care pot fi de tip punct, linie dreaptă, cerc, plan, sferă, cilindru, con, se determină automat caracterul acestora, de suprafață interioară sau exterioară, compensându-se automat raza palpatorului folosit pentru explorarea suprafeței;

c) pentru a reduce erorile de măsurare, procesul de calibrare al robotului este integrat cu procesul de măsurare, ceea ce permite ca, periodic, în cursul măsurării unei anumite suprafețe a piesei, să se obțină, la comanda operatorului, atât modelul matematic al suprafeței explorate, cât și o formă actualizată a modelului matematic al robotului, forma care să țină cont de evoluțiile apărute în ceea ce privește valorile parametrilor modelului matematic al robotului.

3. Cuzmin C., Epureanu A., Oancea N., Marinescu V., Banu M., **Strung universal reconfigurabil** - Dosar Nr. A 00577/13.08.2007

Rezumat:

Invenția se referă la construcția și cinematica unui nou tip de strung universal reconfigurabil ce rezolvă problemele legate de strunjirea atât a suprafețelor profilate longitudinal, cât și a suprafețelor profilate transversal. În plus, strungul propus este capabil să realizeze detalonarea unor freze-melc profilate longitudinal (de exemplu detalonarea unei freze-melc globoidale).

Strungul universal reconfigurabil are un grad ridicat de universalitate, care permite ca, folosind o unică mașină, să poată fi prelucrate toate tipurile de suprafețe cilindrice, conice sau elicoidale.

La prelucrarea suprafețelor profilate longitudinal, inclusiv arbori în trepte, sania portcuțit poate orienta scula în raport cu suprafața prelucrată astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor κ și κ_1 să poată fi controlate după necesitate (de exemplu să fie menținute constante).

La prelucrarea suprafețelor prelucrate transversal, sania portcuțit orientă scula în raport cu suprafața prelucrată, astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor α și γ să poată fi controlate după necesitate.

La prelucrarea suprafețelor de așezare ale sculelor detalonate, cele patru mișcări oferite de modulele care compun strungul pot fi corelate folosind un interpolator reconfigurabil, astfel încât să se controleze direcția de detalonare (axial, radial, altă direcție), legea de detalonare (arhimedică, logaritmică, altă lege), profilul suprafeței pe care este dispusă elicea dinților sculei (de exemplu circular pentru o freză melc globoidală), profilul transversal al dinților sculei (de exemplu profilul evolventic al unei freze-melc globoidale), precum și înclinația canalelor dinților sculei (eventual forma elicoidală a acestora).

Din cauză că poziția sculei în raport cu normala la profilul piesei în punctul curent poate fi menținută mereu aceeași, punctul generator al profilului nu se schimbă în timpul generării și de aceea nu se impune ca, la reascuțirea cuțitului, profilul muchiei tăietoare al sculei să nu se modifice,

evitându-se astfel apariția unor erori de generare cauzate de imperfecțiunea profilului rezultat după reascuțire.

C. Realizare de produse software

1. Produs software *CONTINTEL* destinat conducerii adaptiv inteligente a sistemelor reconfigurabile de prelucrare
2. Produs software NEUROREC
3. Produs software NEUROSPRING

5.1.5 Concluzii

In urma activitatii desfasurata pentru atingerea obiectivului specific 1-dezvoltarea unei tehnici de conducere adaptiv/inteligenta a sistemelor de fabricatie reconfigurabile s-au obtinut rezultatele de mai sus care conduc la urmatoarele concluzii:

- conducerea adaptiva poate fi realizata prin inserarea in ciclul de lucru al masinii a fazei de masurare, si a algoritmului de identificare online dezvoltat in cadrul proiectului.
- performanta obtinuta in cadrul testelor experimentale , se concretizeaza in reducerea de cel putin 5 ori componentei constante a erorii;
- conducerea inteligenta poate fi obtinuta prin simularea virtuala retroactiva in scopul optimizarii modelului ca format sau natura
- rezultatele obtinute au fost bine evaluate si acceptate de catre comunitatea stiintifica
- tehnicile dezvoltate in cadrul proiectului s-au confirmat in aplicatii industriale

5.2 Dezvoltarea unei tehnici de conducere a sistemelor reconfigurabile bazate pe o noua clasa de rețele Petri

5.2.1 Premisele științifice și tehnice

Tehnici de modelare și analiză a conducerii sistemelor de prelucrare reconfigurabile

Comportarea logică a sistemelor reconfigurabile de prelucrare privite ca sisteme cu evenimente discrete (SED)

Din punct de vedere logic, comportarea unui sistem reconfigurabil (SRF) de prelucrare este identică cu a sistemelor cu evenimente discrete (SED) care este descrisă de *secvențele de evenimente discrete* sau *urmele* pe care acesta le generează.

Fie $A = \{a_1, a_2, \dots\}$, setul de evenimente discrete (alfabet) și fie A^X setul *secvențelor finite* de evenimente din A , inclusiv urma vidă $\langle \rangle$. Referitor la o urmă din A^X se impun două precizări:

a) A spune că $s = a_1 a_2 a_3 \dots$ este o *urmă* înseamnă că evenimentul a_i precede a_{i+1} , deci urma descrie *comportarea logică* a SED și nu comportarea sa în timp real.

b) Din punctul de vedere al modelelor sistemelor cu evenimente discrete (MED), un eveniment a_i într-o urmă este *atomic*, în sensul că într-un *sistem real* un eveniment poate fi implementat printr-o *secvență de atomi*, alegerea optimă a acestora fiind o problemă de analiză/proiectare a SED.

Comportarea logică a SED este deci descrisă de limbajul $L \subset A^X$ (A^X - dicționar) care constă din setul tuturor urmelor pe care SED le poate genera (A^X este setul tuturor urmelor posibile).

Cercetări recente au arătat că formalismele MED logice (netemporale) sunt particularizări ale unor clase mai largi de *MED algebrice*: procesele finite recursive (FRP) - cazul determinist -, respectiv procesele marcate (MP) - extinderea și la cazul nedeterminist prin conceptul de "execuții ascunse" ale unor evenimente.

Un MED logic (netemporal) este o descriere matematică finită a limbajului L (set infinit).

Dacă un formalism MED logic poate fi privit ca o *algebră* adică un set de modele împreună cu un set finit de operatori peste aceste modele, atunci comparația între diferite formalisme MED logice (netemporale) și evaluarea posibilităților de utilizare practică a acestor formalisme se poate face după următoarele criterii:

- i) puterea de descriere;
- ii) posibilitatea de implementare;
- iii) evaluarea performanțelor;
- iv) impactul formalismului cu aplicații reale.

i) *Puterea de descriere* a unui formalism MED logic are ca subcriterii *complexitatea limbajului și complexitatea algebrică*. Complexitatea limbajului este derivată din teoria limbajelor formale. Ideea de bază este următoarea: Fie un formalism MED, de exemplu un automat de stări finite.

Fiecare ASF (automat cu stări finite) generează un set de urme $L \subset A^X$. Putem considera L ca un limbaj peste mulțimea evenimentelor A și mulțimea tuturor ASF generează un set de limbaje peste A . Mulțimea tuturor rețelelor Petri (RP) generează un alt set de limbaje peste A . Se poate arăta că setul limbajelor generate de ASF este *un subset strict propriu* al setului de limbaje generate de RP, astfel încât putem spune că formalismul MED cu RP are o complexitate de limbaj mai mare decât formalismul MED cu ASF. Mai general, se poate spune că ASF este un caz particular de RP.

Complexitatea limbajului introduce o ordine perfectă în clasa formalismelor MED logice, în sensul că un MED cu o mai mare complexitate de limbaj are o mai mare putere de descriere. Totuși, un formalism cu o putere de descriere mai mică, fiind virtual mai restrictiv, poate fi mai util în practică. Există un algoritm finit care să răspundă la întrebarea "Când sunt două ASF echivalente,

adică în ce condiții generează ele același limbaj (set de urme) ?"; nu există însă un algoritm finit care să decidă când sunt echivalente comportările a două RP arbitrare. În consecință, deși o mai mare complexitate de limbaj implică o mai mare putere de descriere, va fi mai greu de analizat comportarea SED descris de formalismul MED respectiv.

Complexitatea algebrică (sau structura algebrică) este un criteriu derivat din teoria sistemelor. Fiecare formalism MED este o structură algebrică în sensul menționat, adică o familie de modele și un set de operatori care permit combinarea modelelor și formarea altora noi. Un formalism MED este cu atât mai util, cu cât setul de operatori reflectă mai adecvat modul în care subsistemele reale se combină și se interconectează în aplicația studiată.

Observație: Complexitatea limbajului și complexitatea algebrică sunt proprietăți intrinseci ale unui formalism MED. Posibilitatea de implementare și respectiv evaluarea performanțelor sunt calități care se referă la relația formalism MED ↔ lumea reală.

ii) *Implementarea* unui formalism MED este un criteriu care evaluează în ce mod formalismul respectiv ajută la implementarea unor controlere reale pentru sistemul real. Trebuie ținut cont de faptul că MED sunt abstractizări ale sistemelor reale, astfel încât corespondența între controlul MED și controlul SED real este indirectă. La o extremă, un formalism MED trebuie să furnizeze un ghid pentru sinteza controlerului real. La cealaltă extremă (efort maximal de concepție a implementării), trebuie elaborată o procedură de translație sau compilare automată a modelului controlerului în dispozitivul real (controler, calculator, sistem multiprocesor) de conducere a SED.

iii) *Evaluarea performanțelor* are două dimensiuni:

iii.a) *Corectitudinea logică* se referă la proprietățile dorite ale *urmelor* generate de SED. Pentru a impune corectitudinea logică unui formalism MED trebuie parcurse două etape. Mai întâi, proprietățile logice dorite ale urmelor sistemului trebuie "translatate" în proprietăți ale urmelor modelului. După efectuarea translației, devin necesare metode efective algoritmice, analitice sau de simulare, pentru a verifica dacă urmele generate de MED posedă proprietățile dorite.

iii.b) *Cerințele de timp real* se referă la proprietățile dorite ale răspunsului în timp real al sistemului. Pentru a reflecta aceste cerințe într-un formalism MED, este necesar să se "încorporeze" MED într-un mediu de timp real. Trebuie subliniat în acest context că încercările de a dezvolta formalisme MED cu dimensiunea de timp real nu au fost încununate de succes. Absența acestei dimensiuni continuă să limiteze aplicabilitatea formalismelor MED.

Analiza unui model are ca obiective principale verificarea unor proprietăți generale ale modelelor din categoria respectivă, precum și verificarea unor proprietăți specifice modelului analizat, confirmarea existenței proprietăților menționate atestând că structura modelului adoptat este corectă, iar infirmarea existenței anumitor proprietăți indicând prezenta unor erori de modelare. În cazul modelelor prin rețelele Petri considerate în cele ce urmează, principalele proprietăți verificate prin analiză sunt: viabilitatea, reversibilitatea, mărginirea.

Pornind de la modelul stabilit, simularea structurii și funcționării acestuia pe un calculator permite obținerea tuturor situațiilor (stărilor) posibile ale modelului și deci asigură implicit verificarea existenței proprietăților stabilite în etapa de analiză. Faptul că aceste proprietăți nu sunt confirmate indică prezența uneia sau mai multor erori fie în alcătuirea modelului, fie în determinarea proprietăților acestuia. Ca urmare, numai prin simulare, rezultă o validare definitivă a obținerii caracteristicilor de funcționare stabilite prin proiectarea SRF și a subsistemelor

Simularea se realizează de regulă prin programe specializate, care descriu modelul adoptat și apoi analizează toate evoluțiile posibile dintr-o stare inițial indicată prin marcajul inițial al modelului.

Metodele de proiectare pentru controllerele secvențiale pentru comanda sistemelor reconfigurabile joacă un rol foarte important în automatizarea industrială avansată. Complexitatea crescândă și necesitățile variate ale sistemelor moderne de fabricație au provocat metodele de proiectare tradiționale cum ar fi utilizarea *diagramelor logice ladder* (engl.: **LLD – Ladder Logic Diagrams**) pentru controllerele logice programabile. Metodologiile bazate pe rezultatele cercetării în

știința informaticii au cunoscut recent un interes deosebit din partea cercetătorilor academici și a inginerilor, în domeniul proiectării software-ului de control cu proprietățile de flexibilitate, reconfigurabilitate, adaptabilitate și de mentenanță. În mod particular, rețelele Petri (RP) se comportă ca un instrument foarte important pentru producerea unei soluții integrate pentru modelarea, analiza, simularea și controlul sistemelor automatizate industriale. Acest capitol identifică avantajele utilizării rețelelor Petri fata de LLD în cazul proiectării controllerelor secvențiale, pentru a răspunde cererilor variabile ale controlului. Comparația este făcută pentru un sistem practic după introducerea „rețelelor Petri dezvoltate” pentru controlul evenimentelor discrete din sistemele reconfigurabile de fabricație. Rezultatele raportate în această lucrare vor ajuta la:

- (a) – stabilirea tehnicilor bazate pe rețele Petri, pentru controlul cu evenimente discrete al sistemelor reconfigurabile de fabricație, și
- (b) – la convingerea efectivă atât a liberilor profesioniști cât și a cercetătorilor din industrie că este rentabil și oportun să considere și să promoveze aplicațiile rețelelor Petri în cadrul problemelelor particulare de control.

Un sistem de fabricație reconfigurabil este compus din mai multe unități concurente cum ar fi mașini, roboți, vehicule ghidate automat, controllere logice programabile și calculatoare, care funcționează asincron pentru a îndeplini cererile de schimbare dinamice ale pieței. Metodele de dezvoltare a software-ului integrat sunt importante datorită capacității de monitorizare a modelării, analizei, controlului și simulării unor astfel de sisteme.

Funcțiile tipice ale software-ului de control sunt de a discretiza operațiile, de a monitoriza funcționarea sistemului, și de a determina în timp real stările diferitelor elemente într-un sistem de fabricație discret. Tradițional, diagramele logice ladder (LLD) sunt utilizate pentru a captura secvența operațiilor executate de software-ul de control al sistemului. Ele specifică procedurile I/O ale *Controllerului Logic Programabil - CLP* (eng.: PLC – Programmable Logic Controller) care conduce și îmbunătățește operațiile repetitive ale sistemului. Aceste diagrame devin atât de complexe încât localizarea cauzei, atunci când apare o problemă, devine extrem de dificilă.

În plus, utilizarea acestora este limitată la controlul sistemului, fiind imposibile analizarea și evaluarea caracteristicilor calitative și de performanță. De asemenea, acestea necesită deseori modificări importante în momentul modificărilor specificațiilor.

În acest caz, cercetătorii sunt în mod continuu preocupați în dezvoltarea instrumentelor integrate care să elimine limitările LLD. Aceste instrumente sunt proiectate nu numai pentru control dar și pentru analiza, evaluarea și simularea sistemului. Rețelele Petri, originare din domeniul informaticii, sunt astfel de instrumente în mod evident datorită numeroaselor aplicații în sistemele de fabricație. Realizând potențialul RP în domeniul controlului, în Franța, GRAFCET – un instrument de reprezentare de tip RP, este propus ca standard specific al controlului secvențial. Versiunile standard internaționale sunt numite *diagrame funcționale secvențiale*. Hitachi, a dezvoltat un produs comercial bazat pe o RP mărită care interacționează cu sistemul fizic pentru control.

Interfețe om - mașină

Dezvoltarea interfețelor om mașina (HMI – Human Machine Interface) necesită o atenție sporită a proiectanților deoarece influențează în mod hotărâtor flexibilitatea proceselor tehnologice. Soluțiile tehnologice moderne necesită folosirea echipamentelor de comandă numerică pentru a asigura controlul instalațiilor și mașinilor de lucru. Termenul Human Machine Interface a fost introdus de Consiliul consultativ pentru telefonie și telegrafie internațională în [2.0] pentru a înlocui vechea denumire Man Machine Communication. Percepția utilizatorului despre sistemul de comandă este influențată în cea mai mare parte de modalitatea în care acesta relaționează cu interfața om mașină.

Având în vedere faptul că tendințele pieței se diversifică și se modifică în mod rapid, fabricanții de mașini unelte trebuie să poată interveni asupra mașinilor, atât la nivel funcțional cât și la nivelul sistemului de comandă, prin schimbarea unor elemente cu altele mai moderne, astfel încât mașina să corespundă cerințelor impuse de piață. Fabricanții sunt nevoiți să adopte soluții cât mai actuale, atât pentru tipul și structura sistemului de control al mașinii, cât și pentru interfețele de comandă a mașinii.

Terminalele operator sunt folosite în special pentru implementarea funcțiilor de interfață om-mașină pentru instalații complexe controlate cu dispozitive de control cum ar fi CLP-uri sau CNC-uri. De obicei terminalele operator sunt conectate la dispozitive folosind o legătură serială asincronă folosind protocoale de comunicație dezvoltate de producătorul echipamentului.

Analizând documentațiile tehnice [2.2, 2.3, 2.4, 2.5] ale unor producători de renume în domeniul terminalelor cu operatorul am stabilit că din punct de vedere al posibilităților de modificare a interfeței, terminale operator pot fi:

- neprogramabile- interfața cu operatorul este dezvoltată de producătorul terminalului, funcțiile și modalitatea de interacțiune cu operatorul neputând fi modificate. Acest caz este frecvent întâlnit pentru interfețele mașinilor dotate cu CNC. Având în vedere faptul că CNC-urile sunt destinate controlului unei anumite game de mașini, interfața cu operatorul nu poate fi particularizată pentru o mașină anume. Avantajul utilizării unor astfel de echipamente este legat de rapiditatea cu care mașina unealtă poate fi pusă în funcțiune.
- programabile – interfața cu operatorul poate fi dezvoltată de producătorul mașinii folosind un pachet software de dezvoltare dedicat terminalului. Realizarea programelor HMI pentru terminale dedicate se realizează în mod facil și nu implică cunoștințe deosebite în domeniul dezvoltării software, însă funcțiile disponibile sunt limitate ca număr și ca posibilități de configurare. Programarea terminalului este de tip grafic și se rezumă la crearea unor ecrane predefinite în care se oferă posibilitate controlului și monitorizării mașinii. Comunicația dintre terminal și echipamentul de control se realizează folosind un set de protocoale de comunicație puse la dispoziție de producătorul terminalului.

Pe langa terminalele dedicate tot mai des sunt folosite terminale compatibile PC oferă posibilitatea utilizării unui număr ridicat de rețele de comunicație și protocoale. Structura hardware pentru aceste terminale este modulară existând posibilitatea de adăugare a unor carduri de comunicație, pentru a putea conecta terminalul la diferite rețele de comunicații. . Soluțiile referitoare la programarea acestor terminale se poate realiza folosind:

- pachete software SCADA- SCADA este acronimul pentru „Supervisory Control And Data Acquisition”. Potrivit [2.6] apariția sistemelor reconfigurabile a fost precedată de dezvoltarea fără precedent a programelor SCADA și a sistemelor de comandă bazate pe terminale compatibile PC. Analizând mai multe pachete SCADA [2.9, 2.10, 2.11, 2.12] am determinat ca funcțiile oferite de pachetele software SCADA sunt limitate, în mare parte ecranele de supervizare și control se creează folosind programarea grafică.
- folosirea unor medii de dezvoltare integrate cum ar fi Visual Basic, Visual C++, Delphi cu care se pot elimina neajunsurile pachetelor SCADA. Limbajele și mediile de programare moderne oferă facilități deosebite în ceea ce privește dezvoltarea GUI (graphical user interface). În ceea ce privește comunicația cu dispozitive cum ar fi CLP (controlere logice programabile) sau CNC (computer numerical control) utilizarea limbajelor amintite nu oferă facilități deosebite. Pentru realizarea transferului de date între dispozitive și calculatorul pe care rulează interfața om mașina există următoarele soluții:

- folosirea unui driverelor pentru dispozitive. Modalitatea de interacțiune cu aceste drivere diferă de la producător la producător, utilizarea unei interfețe deja dezvoltate pentru un alt echipament necesită modificarea substanțială a programului HMI în partea de proceduri de comunicații deoarece modalitatea de interacțiune cu dispozitivele diferă de la un driver la altul.

- folosirea serverelor OPC (OLE for process control) „standardizează” modalitatea de interacțiune dintre dispozitive și programe de control și supervizare care rulează pe sisteme Windows. Folosirea serverelor de date OPC este o soluție care permite dezvoltarea aplicațiilor HMI independent de tipul de dispozitiv folosit deoarece modalitatea de accesare a elementelor OPC (servere, grupuri sau articole) este aceeași indiferent de protocolul de comunicație sau de rețeaua folosită

Specificațiile OPC se bazează pe specificațiile COM/DCOM dezvoltate de Microsoft [2.13]. COM este acronimul pentru ”COMPONENT OBJECT MODEL” Specificațiile COM descriu modalitatea de dezvoltare a obiectelor fără a specifica limbajul în care acestea vor fi implementate și modul intern de implementare. Un obiect care este conform specificațiilor COM poate comunica cu alte aplicații prin intermediul interfețelor sale, modul de implementare fiind ascuns. DCOM este o extensie a specificațiilor COM care permite accesarea obiectelor de pe computere diferite folosind LAN, WAN sau chiar internetul. COM descrie modalitatea în care clienții și componentele interacționează la nivel local. Atunci când aplicația client și componenta software se află pe computere diferite DCOM înlocuiește legătura locală interproces cu o legătură în rețea. Folosirea DCOM nu necesită modificarea codului sursă al aplicației, ci doar reconfigurarea modului în care se realizează conectarea la componentă. Folosirea DCOM se remarcă prin faptul că asigură independența locațiilor la care rulează aplicațiile server și aplicațiile client și permite ca dezvoltarea acestor aplicații să nu depindă de un anumit mediu de programare.

Apariția specificațiilor OPC a condus la dezvoltarea serverelor OPC de către aproape toți producătorii de echipamente de comandă. Apariția serverelor OPC de date a permis aplicațiilor să acceseze mai multe servere de date în același timp fără a mai exista nevoia de dezvoltare a driverelor de fiecare aplicație în parte.

Specificațiile OPC [2.18, 2.19, 2.20, 2.21] definesc un set de două tipuri de interfețe:

- OPC custom- furnizează acces la date folosind limbaje de programare cum ar fi Visual C++.
- Folosind acest tip de interfețe se pot accesa în mod direct interfețele expuse de obiectele OPC.
- OPC automation- furnizează acces la date prin intermediul limbajelor de programare pentru care folosirea interfeței custom ar fi dificilă cum ar fi Visual Basic, Delphi, Microsoft Excel, Microsoft Word etc.

Indiferent de tipul interfeței prin care se realizează accesul la servere, la nivel înalt un server OPC este văzut ca o colecție de obiecte:

- un obiect server,
- un set de obiecte de tip grup OPC,
- elementul de bază articolul OPC.

5.2.2 Activități operaționale desfasurate

1. Dezvoltarea unei metodologii de proiectare a modelelor de conducere a sistemelor tehnologice up-down și down-up.
2. Extinderea modelelor Rețelelor Petri la programarea controlerelor logice cu GRAFCET
3. Optimizarea ordonării activităților unui sistem tehnologic reconfigurabil folosind SINCONPETRI
4. Folosirea serverelor de aplicații OLE (Object Linked Enable) Microsoft și a OPC (Object Factory Server) Schneider pentru implementarea interfețelor Human-Machine și a legăturii cu PLC.

5.2.3 Ideile cheie considerate. Modul de abordare.

Metodologia sintezei controlerelor folosind modelarea cu rețele Petri dezvoltate

Pentru sistemele liniare, continue sau sincron discrete, există metodologii pentru modelarea și proiectarea controlului sistemului, care aplicate corect, oferă proprietăți performante sistemului. Pentru sistemele dinamice cu evenimente discrete, care descriu procesele tehnologice nu există metodologii de proiectare efectivă pentru implementarea aplicațiilor în timp real. *Rețelele Petri dezvoltate* (RP-D) stau la baza acestei metodologii.

Acest tip de rețele dă posibilitatea de validare, simulare printr-un program software și instrumente de analiză performante, astfel încât modelele cu ajutorul cărora se implementează controlerile logice pentru conducerea proceselor tehnologice au proprietăți de comportament corespunzătoare.

În general, probleme apar când complexitatea sistemelor în timp real conduce la rețele Petri mari, care au multe poziții și tranziții. Folosind metode invariante în literatura se arată că pentru o celulă reconfigurabilă al cărei model are 92 poziții, 59 tranziții, și 174 arcuri, matricea de incidență are 58 linii și 42 coloane. Pentru obținerea invarianților de tip t este nevoie de 40 de ecuații, iar pentru obținerea invarianților de tip t , 61 de ecuații. Se poate observa cât de complexă este problema de analiză a viabilității și mărginirii pe baza acestei metode. Pentru acest sistem nu a fost folosită nici o metodă de rafinare ceea ce a determinat explozia problemei de stare. O eroare de concepere poate conduce la un model de rețea greșită ale cărei proprietăți nu pot fi verificate. Este foarte dificil de a găsi o astfel de eroare, iar după găsirea erorii, modificarea structurii și reanalizarea modelului poate necesita un volum de muncă foarte mare.

Au fost dezvoltate rețele Petri de nivel înalt cum ar fi rețelele Petri colorate sau rețele Petri extinse, pentru rezolvarea problemelor de complexitate grafică. Oricum, acestea folosesc în analiză metodele și instrumentele software care sunt valabile și pentru rețele Petri obișnuite. Perfecționarea mașinilor-unelte cu comandă numerică și a centrelor de prelucrare a dat posibilitatea dezvoltării tehnologiilor reconfigurabile de prelucrare. Pentru implementarea controlerelor acestor tehnologii reconfigurabile de prelucrare este necesar un model al cărui evoluție să se adapteze optim în funcție de posibilitățile de evoluție a acestor tehnologii reconfigurabile.

Toate modelele dezvoltate până acum impun condiții ce dau o evoluție fixă a procesului tehnologic. Toate acestea au dus la necesitatea dezvoltării rețelelor Petri pentru sinteza controlerelor sistemelor de prelucrare reconfigurabile, prezentată în această lucrare.

Conceperea modelului ce stă la baza implementării controlerului este divizată în două mari etape:

a. într-o manieră *top-down*, conceperea începe cu descrierea unui model rețea Petri de referință și apoi, utilizarea rafinării în trepte a pozițiilor și/sau tranzițiilor pentru a include mai multe detalii, până când nivelul dorit este atins;

b. resursele sunt adăugate rețelei într-un mod *bottom-up*.

Dacă este necesar, (a) și (b) pot fi utilizate alternativ. Astfel, complexitatea problemelor amintite poate fi ameliorată. Astfel, o problemă generală pentru modelarea unui sistem de prelucrare reconfigurabil, folosind o *rețea Petri dezvoltată* (RP-D) poate fi descrisă succint prin:

-analiza caracteristicilor sistemului de fabricație,

-modelarea sistemului ca rețea Petri,

-marcare inițială astfel încât rețeaua să fie mărginită, viabilă și reversibilă.

Extinderea modelelor cu Rețele Petri la programarea controlerelor logice

Modelarea cu Rețele Petri Dezvoltate în Timp-Real (RPDTR) și cu diagrame logice ladder (engl.: LLD – Ladder Logic Diagrams) nu diferă prea mult atunci când secvența de control este relativ simplă. De fapt, modelul RPDTR poate apărea mai complex la prima vedere decât LLD. Totuși, când această secvență este modificată pentru a rezulta una complexă, RPTR este mult mai ușor de modificat

și întreținut decât LLD. Ușurința în modificare și întreținere duc la multiple avantaje, cum ar fi îmbunătățirea lizibilității, a gradului de înțelegere și a securității în funcționare după cum se poate concluziona din referința.

În LLD, nodurile apar de mai multe ori ceea ce poate duce la dificultate în înțelegerea logicii și a cauzei erorilor în dezvoltarea logicii. LLD are nevoie de mai multe elemente de bază pentru modelarea timerelor și a counterelor comparativ cu RPTR. În plus față de aceste observații, se vor puncta următoarele concluzii, ce au fost experimentate în timpul proiectării și implementării controllerelor secvențiale folosind LLD și RPDTR:

1. Folosind RPDTR, controlul logic poate fi analizat calitativ pentru verificarea proprietăților de genul: absența interblocărilor și prezența reinițializării în sistem. Folosirea analizei calitative a LLD nu este posibilă până când acesta nu este simulat sau implementat.
2. În timpul implementării anumitor secvențe de control se observă că depanarea controlului logic cu LLD este dificilă în comparație cu RPDTR. Aceasta se datorează faptului că RPDTR ajută la urmărirea dinamică a sistemului cu ajutorul stărilor locațiilor și ale tranzițiilor – [16].
3. Folosind RPDTR, starea inițială a sistemului poate fi reprezentată direct prin marcajul inițial.

Dezvoltarea programelor de control flexibile, reutilizabile și upgradabile este importantă pentru implementarea sistemelor automatizate industriale avansate. Metodele tradiționale, de folosire a diagramelor logice ladder (LLD) pentru proiectarea controllerelor secvențiale, au fost depășite de necesitățile în flexibilitate și rapiditate a sistemelor de fabricație. Pe de altă parte, rețelele Petri (RP) sunt instrumente de siguranță care necesită a fi implementate în controlul sistemelor de fabricație discrete.

Această lucrare identifică complexitatea proiectării și a timpului de răspuns ca fiind criterii de comparație între LLD și rețele Petri. Complexitatea proiectării este definită și caracterizată de doi factori, numiți complexitate grafică și adaptabilitate la schimbarea specificațiilor în control. O clasă de rețele Petri numită Rețea Petri Dezvoltată (RPD) care se aseamănă rețelelor Petri standard, este introdusă pentru a proiecta controllerele secvențiale. Prin proiectarea și implementarea controlului unui sistem industrial reconfigurabil, în cazul schimbării cererilor de control, LLD și RPD sunt comparate în termenii unei măsuri comune, numită, numărul elementelor de bază care semnifică atât complexitatea proiectului cât și timpul de răspuns.

Semnificația prezentei lucrări este de a ajuta industria să recunoască evidențierea RPD ca tehnologie de siguranță și să încurajeze crearea de cât mai multe aplicații. Procedura pentru controlul unui sistem folosind RPD este simplă, directă și poate fi aplicată la controlul oricărui sistem cu evenimente discrete care posedă interfețe digitale de intrare/ieșire și un calculator.

Modelul RPDTR poate fi extins prin adăugarea mai multor atribute locațiilor și tranzițiilor, în scopul controlului sistemelor de fabricație ierarhice complexe care folosesc protocoale de comunicare avansate și mai multe calculatoare pentru control.

OPTIMIZAREA ORDONANTARII ACTIVITATILOR

Aplicații de analiză, simulare și sinteză a controlerelor pentru conducerea sistemelor de prelucrare RECONFIGURABILE

Acest capitol optimizează ordonantarea activitatilor principalelor tipuri de sisteme reconfigurabile de prelucrare. Se generează mai întâi modelul cu Rețele Petri. Se determină funcțiile de intrare, de ieșire, de incidenta pentru fiecare model, apoi se generează graful de acoperire a evoluției sistemului reconfigurabil. Se determină timpul minim de realizare a sarcinilor sistemului reconfigurabil de prelucrare prin gasirea drumului minim în graful de acoperire. Sistemele pentru care s-a realizat optimizarea ordonantării activitatilor sunt următoarele:

Celulă reconfigurabilă cu o stație de transfer și două centre de prelucrare (excludere mutuală paralelă)

Se consideră o stație de transfer care constă într-un AGV (vehicul ghidat automat), ce transferă două tipuri de piese (PC01 și PC02) produse de două centre de prelucrare. AGV-ul transferă la depozitul de ieșire o piesă de la centrul 1 sau centrul 2. Din moment ce începe transferul nu mai poate fi întrerupt. Imediat ce un transfer este terminat, și o altă piesă este disponibilă pentru a fi transportată, AGV-ul începe acțiunea de transport.

Celulă reconfigurabilă cu două centre de prelucrare, un robot de manipulare și un buffer (excludere mutuală serială)

Se consideră sistemul de prelucrare care are în componența sa două mașini de prelucrare M_1 și M_2 , un robot partajat, R, pentru operația de descărcare a centrelor de prelucrare, și un buffer, B, pentru stocarea pieselor intermediare.

Planul proceselor de prelucrare pentru fiecare piesă este următorul: piesa trebuie prelucrată de M_1 , și apoi de M_2 . Fiecare piesă introdusă în sistem este în mod automat fixată pe o paletă și încărcată în mașină. După prelucrare, robotul descarcă piesa intermediară de pe M_1 în buffer-ul B. La mașina M_2 piesele intermediare sunt încărcate automat pe aceasta și apoi sunt prelucrate. Când M_2 încheie prelucrarea piesei, robotul R descarcă produsul final la centrul de fixare/defixare a pieselor de/pe pe palete.

Celulă reconfigurabilă cu două centre de prelucrare și doi roboți (exemplu de soluționare a blocajelor)

Se consideră un sistem de prelucrare de tipul doi roboți de manipulare: R_1 și R_2 și două centre de prelucrare: CP_1 și CP_2 . Specificația funcționării sistemului este următoarea:

1. Când oricare din CP_1 și CP_2 este gata să execute sarcina de prelucrare, aceasta solicită robotului din dreapta și îl ocupă dacă este disponibil.
2. După ce centrul de prelucrare achiziționează robotul din dreapta, solicită robotul din stânga și îl ocupă dacă este disponibil.
3. Când centrul de prelucrare demarează procesul de prelucrare, nu poate fi întrerupt decât la finalizarea acestuia.

Când CP_1 (CP_2) termină, eliberează ambii roboți

Celulă reconfigurabilă cu trei centre de prelucrare, un robot și depozite de piese de intrare și ieșire

Sistemul de prelucrare este compus din trei centre de prelucrare, CP_1 , CP_2 , CP_3 , un robot R, un depozit de semifabricate dotat cu dispozitiv de paletare (DS_fDP) și un depozit de produse finite dotat cu dispozitiv de depaletare (DP_fDD)

Este necesară prelucrarea pieselor întâi de către CP_1 , apoi prelucrate de către CP_2 , și în final prelucrate de către CP_3 pentru a se genera produsul finit. Centrele de prelucrare CP_1 și CP_3 pot fiecare să prelucreze numai câte o piesă. CP_2 poate prelucra două piese simultan. Robotul, partajat de către CP_1 și CP_2 , este folosit pentru încărcarea, prelucrarea și descărcarea pieselor pe/de pe aceste centre de prelucrare.

Funcționarea se poate împărți în patru pași cărora li se alocă câte o poziție.

Pasul 1 (poziția p_{v01}) - Semifabricatele (S_f) sunt paletate de către dispozitivul de paletare din cadrul depozitului de semifabricate fiind astfel disponibile pentru a începe prelucrarea pe CP_1 ;

Pasul 2 (poziția p_{001}) - Robotul încarcă un semifabricat paletat de la DS_fDP la CP_1 , CP_1 prelucrează și apoi robotul transportă semifabricatul paletat de la CP_1 la CP_2 ;

Pasul 3 (poziția p_{002}) - CP_2 prelucrează semifabricatele; un semifabricat este disponibil pentru

CP_3 ;

Pasul 4 (poziția p₀₀₃) - Robotul transportă semifabricatele prelucrate de CP₂ de pe acesta pe CP₃, CP₃ prelucrează, apoi robotul transportă produsele finite la DP₁DD.

Celulă reconfigurabilă de tip OPEN – SHOP

Se consideră un sistem de prelucrare compus din trei centre de prelucrare, șapte depozite de semifabricate dotate cu dispozitive de paletare pentru fiecare tip de piesă și șapte depozite de produse finite dotate cu dispozitive de depaletare. Fiecare centru de prelucrare este dotat cu un manipulator ce efectuează încărcarea de la depozitul de semifabricate și descărcarea la depozitul de piese finite.

Celulă reconfigurabilă de tip JOB - SHOP

Se consideră un sistem de prelucrare format din: patru centre de prelucrare (M₁, M₂, M₃, M₄), trei depozite de semifabricate dotate cu dispozitiv de paletare (P₁, P₂, P₃), patru roboți (R₁, R₂, R₃, R₄) partajați operației de încărcare/descărcare a centrelor de prelucrare corespunzătoare (R₁ pentru M₁, R₂ pentru M₂, etc.), în final produsele rezultate în urma procesului de prelucrare sunt stocate într-un depozit de produse finite dotat cu dispozitiv de depaletare.

Specificația funcționării sistemului este următoarea:

1. Prelucrarea pieselor de tipul P₁ se face pe toate cele patru centre de prelucrare în ordinea: M₁, M₂, M₃, M₄.
2. Prelucrarea pieselor de tipul P₂ se face doar pe trei centre de prelucrare în ordinea: M₁, M₄, M₃.
3. Prelucrarea pieselor de tipul P₃ se face doar pe trei centre de prelucrare în ordinea: M₁, M₂, M₄.

Folosirea serverelor de aplicatii OLE (Object Linked Enable) Microsoft si a OPC (Object Factory Server) Schneider pentru implementarea interfetelor Human-Machine si a legaturii cu PLC.

Idea principală propusă este aceea de a dezvolta o modalitate de realizare a interfetelor om-mașină reconfigurabile pentru mașini unelte utilizand modalitatea de transfer a datelor dintre dispozitivele de control, folosind tehnologia bazată pe arhitectura client server OPC. Dezvoltarea unei interfețe pentru o mașină presupune programarea următoarelor funcțiilor:

- verificarea programului piesă și transmiterea sa către dispozitivul de control al mașinii;
- interacțiunea cu operatorul și expunerea către acesta a tuturor funcțiilor mașinii,
- funcții de autodiagnostic pentru mașina comandată;
- gestionarea corecțiilor de sculă.

Sistemul de control realizat în cadrul acestui proiect este un sistem multi-procesor, modular. Fiecare din modulele utilizate poate fi configurat, folosind programe de configurare, astfel încât funcționarea modulului să fie adaptată aplicație. Mașina controlată cu acest sistem este un strung cu două axe de deplasare, un arbore principal și un set de elemente auxiliare: turelă port-sculă cu patru posturi, sistem de răcire-ungere și un sistem de ungere a ghidajelor.

Comunicația dintre panoul operator și structura CLP se realizează folosind o magistrală de comunicație care este accesată de un server OPC prin intermediul unui driver de comunicație. Structura software a aplicației nu este modificată prin modificarea tipului de rețele de comunicație.

Interpretorul reconfigurabil

Interpretorul dezvoltat în cadrul proiectului este folosit a transmite programul piesă introdus de utilizator către controlerul CLP. Programarea mașinii unelte se realizează folosind limbajul de programare CNC ISO, însă interpretorul poate fi adaptat și pentru utilizarea unor alte limbaje care pot fi definite de utilizator.

Pentru reconfigurarea mașinii sunt necesare operații de configurare a elemente hardware, pentru a gestiona elementele cinematice. Aceste operații de configurare intervin și asupra interpretorului mașinii care acționează ca o interfață între utilizator și mașină. La nivelul interpretorului, funcțiile pe care utilizatorul le poate programa sunt în corelație cu structura mașinii. Fiecare configurație a unei mașinii reconfigurabile prezintă caracteristici diferite cum ar fi limitele de mișcare ale axelor de lucru, limitele maxime ale avansului pentru axe, etc. La nivelul unei anumite configurații hardware, pot exista funcții care nu sunt disponibile.

Programarea ISO a mașinilor unelte se bazează pe folosirea unor familii de funcții. Marea majoritate a funcțiilor pregătitoare și auxiliare sunt funcții modale. Programarea unei funcții dintr-o familie determină anularea funcțiilor active din aceeași familie. În plus există o serie de alte condiții privind compatibilitatea funcțiilor, condiții care depind printre altele și de configurația mașinii.

Definim interpretor reconfigurabil al unei mașini unelte, o componentă software folosită pentru a „decodifica” programul piesă și pentru a transmite ordinele impuse de program către dispozitivele ce controlează mașina, componentă care are posibilitatea de a fi configurată, astfel încât să se poată defini un limbaj al mașinii care să fie în corelație cu structura hardware a sistemului.

Un program piesă este alcătuit dintr-un set de instrucțiuni alcătuite din blocuri și cuvinte care trebuie să se supună unor reguli în ceea ce privește componența acestora. Se realizează o analiza lexicală, sintactică și semantică a programului piesă.

Analiza lexicală, permite determinarea elementelor fundamentale de program, a funcțiilor programului.

Analiza sintactică se referă la identificarea unor structuri caracterizate de un set de condiții. Astfel, în ceea ce privește programarea CNC cu funcții G, există mai multe tipuri de funcții și cuvinte cheie:

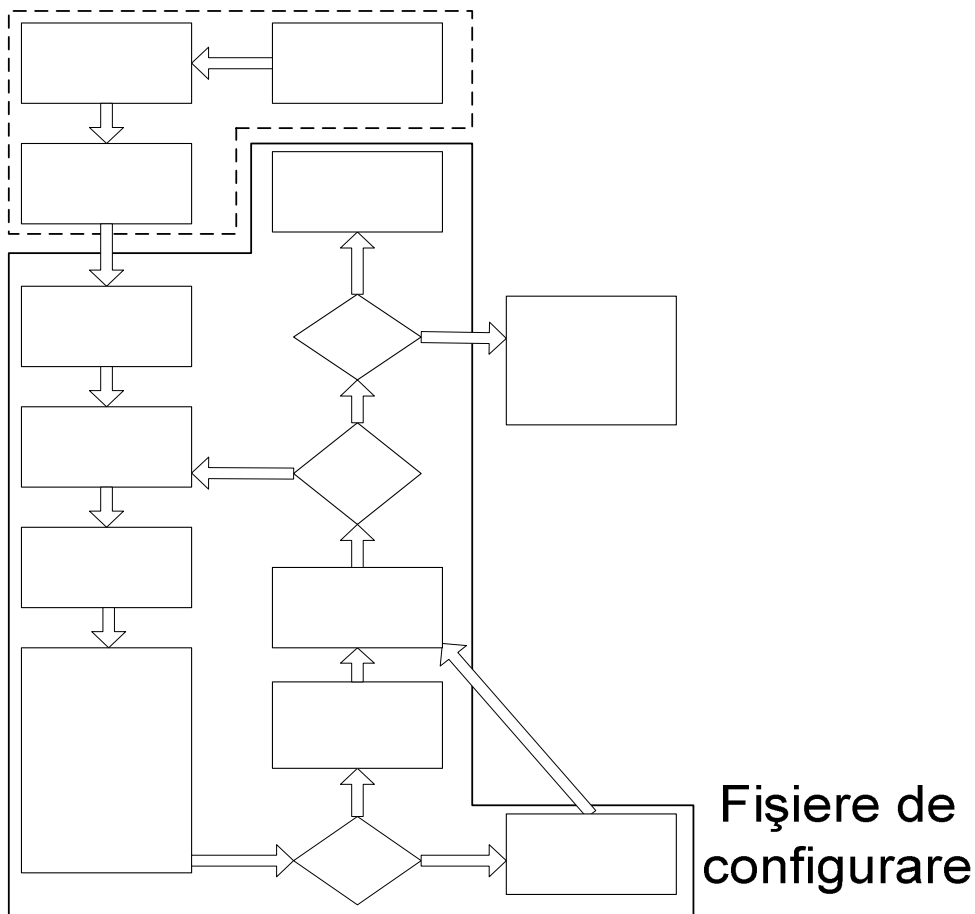
- familii de funcții modale, care nu trebuie programate în aceeași frază și care rămân active pe parcursul programului până la programarea unei funcții din aceeași familie;
- funcții nedomale, active doar în fraza în care sunt programate;
- funcții care impun un set obligatoriu sau opțional de parametri;
- funcții care nu pot fi programate decât într-o anumită stare a programului piesă;
- funcții referitoare la axele de lucru, care impun interpolări;
- funcții auxiliare

Analiza semantică presupune identificarea contextului în care sunt scrise funcțiile CNC și transmiterea informațiilor referitoare la fiecare frază către controlerul mașinii. Transmiterea presupune folosirea unei rețele de comunicație, cunoașterea unui anumit protocol de comunicație și a locației de memorie în care trebuie realizată scrierea pentru fiecare funcție.

În ceea ce privește transmiterea informațiilor de la interpretor la CLP, s-a folosit un server OPC produs de Schneider electric, server denumit OPC Factory Server. Serverul poate fi accesat local sau prin rețea folosind tehnologia DCOM. Accesarea prin rețea permite utilizarea de la distanță a mașinii implementând astfel un sistem DNC.

În faza de configurare sau reconfigurare se definesc funcțiile disponibile și elementele de identificare a articolului OPC corespunzător fiecărei funcții. Aceste articole vor fi inactive, adică interpretorul nu va primi notificări privind modificarea valorilor acestora. Pentru fiecare funcție, în faza de configurare a mașinii se vor defini prin intermediul unor șiruri de caractere elementele de identificare a articolului. Valoările corespunzătoare șirurilor de caractere este dependentă de tipul de server, de tipul de echipament, de tipul rețelei de comunicație, de aplicația ce controlează mașina. În situația în care, în urma reconfigurării mașinii, elementele amintite se modifică, reconfigurarea

interpretorului implică modificarea sirurilor de caractere. Pentru fiecare funcție articolul OPC asociat poate reprezenta date de tipuri diferite. De exemplu, pentru funcțiile pregătitoare G sau pentru funcțiile auxiliare M, variabila din dispozitiv asociată articolului este de tip boolean, specificând existența în cadrul frazei curente existența sau inexistența funcției. Pentru funcțiile legate de axe, cum ar fi funcțiile X și Z variabilele asociate pot fi de tip real sau întreg pe 32 de biți.



În faza de exploatare, interpretorul citește dintr-un fișier un set de elemente de definire a fiecărei funcții CNC, prin care se definesc elementele de identificare a articolelor, tipul de variabile folosite. Se actualizează funcțiile implicit active și apoi se baleează programul linie cu linie, verificându-se corectitudinea programului piesă. Se verifică o serie de condiții legate de gramatica programului piesă și de capacitatea mașini de a efectua programul. Dacă fraza curentă este corectă, interpretorul va scrie valorile pe care trebuie să le transmită controlerului mașinii, într-un fișier temporar. Dacă fraza nu este corectă, interpretorul va scrie într-un fișier codul de eroare asociat și un identificator al frazei, în care a apărut eroarea. Dacă în program a apărut cel puțin o eroare, etapa de înregistrare a valorilor articolelor OPC nu se va mai realiza. După baleerea întregului program, dacă programul este corect se va trece la transmiterea secvențială a programului folosind fișierul generat în faza de verificare a corectitudinii programului. Dacă programul piesă nu este corect operatorul va fi informat despre erorile de programare, specificându-se frazele și funcțiile necorespunzătoare.

Secvențierea operației de transmitere a datelor este realizată de dispozitivul de control care va solicita interfeței transmiterea datelor folosind o variabilă care va fi incrementată pentru a specifica

interpretorului faptul că este necesară transmiterea unei noi fraze. Modificarea valorii variabilei este detectată de interpretor folosind funcția OnDataChange a interfeței IOPCDataCallback implementată de client. Dispozitivul de control al mașinii va stoca datele referitoare la fraze, într-o zonă de memorie de tip buffer, pentru a permite funcționarea continuă a CNC-ului, fără a determina apariția unor pauze de prelucrare datorate intervalului de timp necesar transmiterii frazelor, interval dependent de tipul de comunicație dintre calculatorul industrial și dispozitivul de control al mașinii

5.2.4 Acțiunile științifice și alte acțiuni întreprinse

Lucrări științifice

1. Cioca L., Breaz R.E., Racz G.S. ***Fuzzy Logic Techniques used in Manufacturing Process Reengineering***, Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Simulation, Modelling and Optimisation (SMO '06), Lisbon, PORTUGAL, September 22-24, 2006, (indexată ISI).
2. Cioca L., Breaz R.E., Racz G.S., ***Multi-Criteria Decision Making Techniques used in Manufacturing Processes Reengineering based upon Modelling and Simulation***, WSEAS Transaction on Systems, FRANTA, ISSN 1109-2777, (indexată ISI).
3. Racz G.S., Bologa O., Breaz R.E., ***Optimisation of the eccentric press structure***, WSEAS Transaction on Systems, FRANTA, ISSN 1109-2777, (indexată ISI).
4. Brabie G., Cristea I., Schnakovsky C., Chirita B., Gherghel M., ***Basic problems concerning the reconştion of manufacturing systems***, TSTM 12, Academia de Ştiințe Tehnice, p/50-53, 2006.

Abstract: The reconfigurable manufacturing systems were created to make face to the frequent changes of the market and can be considered as hybrid systems that achieve a compromise between the flexible manufacturing systems and transfer lines. The reconfigurability of a manufacturing system represents the possibility to add, remove or modify the functionality, command, machine and processes structure of the system as a reply to the market requirements related to products, volume or technology. A reconfigurable manufacturing system is created by including in its structure some basic modules that can be fast and in a reliable manner rearranged or replaced. The architecture of a reconfigurable manufacturing system must be when it is needed open to be improved, reconfigured or increased and not replaced. The present paper analyses some problems concerning the reconfiguration of the manufacturing systems.

Keywords: manufacturing systems, reconfigurability, features and criteria

5. Breaz R.E., Ciortea M.Z., ***Comparing PI digital and fuzzy PD Controllers for Mechatronic feed drives by means of simulation***, Acta Universitatis Cibiniensis Buletin Stintific al Universitatii din Sibiu, Seria Tehnica A, Machine Tools and Robots, Sibiu, 2006, ISSN 1221-4949, (indexată BDI).
6. Breaz R.E., Oleksik V., Bologa O., ***Studies Regarding the Feed Drive of a Specialised Machine Tool by Means of Dynamic Simulation***, Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS 2006, Published by Editura Academiei Romane, Bucharest 26-27 October, 2006, ISSN 1842-3183, (indexată BDI).
7. Racz G., Girjob C. ***Dynamic Behaviour of The Mechanical Presses***, Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS2006, Published by Editura

- Academiei Romane, University POLITEHNICA of Bucharest, Machine and Manufacturing Systems Department, Bucharest, Romania, 26-27 October, 2006, ISSN 1842-3183, (indexata **BDI**).
8. Epureanu A., Marin F.B., Banu M., Maier C., Marinescu V., *Manufacturing embedded control systems – a new approach*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, p.29 (indexata **BDI**).
 9. Breaz R.E., Bologa O., Racz G.S., Oleksik V., *Motion control with fuzzy controllers - a study by means of simulation*, WSEAS Transaction on Systems, ISSN 1109-2777, (indexata **BDI**).
 10. Marinescu V., Constantin I. C., Epureanu A., Teodor V., *Graphical Programming of Programmable Logic Controllers. Case Study for a Punching Machine*, Publicată în revista Enformatika, vol. 15, ISBN 975-00803-4-3, pag. 273-277, (indexata **ISI**).
 11. George BALAN, *The monitoring of a lathe using an artificial neural network – 4th part (experimental results, data processing)*, “The Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics SISOM 2006, Academia Romana, Bucuresti, May 2006”, publicata pe CD-ul Simpozionului.
 12. Breaz, R., Bologa, O., Oleksik, V., Racz, G., *Computer Simulation for the Study of CNC Feed Drives Dynamic Behavior and Accuracy*, The IEEE Region 8 EUROCON Conference, September 9-12, Warsaw, Poland, indexed IEEE Explore, indexed EI Compendex, indexed Library of Congress, (indexata **ISI**).
 13. Breaz, R., Bologa, O., Racz, G., *Improving CNC Machine Tools Accuracy Using Modeling and Computer Simulation Techniques*, The 4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.
 14. Racz, G., Bologa, O., Breaz, R.E., *Design and Optimization of the Press Structure*, The 4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.

Inventii

1. Marin F.B., Epureanu A., Marinescu V., Banu M., Maier C., Oancea N., *Hard disk destinat sistemelor incorporate de conducere a masinilor unelte reconfigurabile* – Dosar Nr. A 00626/6.09.2007.

Rezumat:

Prezenta inventie se refera la o noua arhitectura si un nou procedeu de tratare a erorilor de citire a hard-diskurilor destinate sistemelor incorporate de conducere a masinilor unelte, care sa fie mai bine adaptate conditiilor din mediul industrial specific in care acestea functioneaza.

Sistemele incorporate folosite pentru conducerea masinilor unelte includ componente ale calculatorului, care sunt supuse unui regim de lucru foarte greu. Datorita faptului ca hard-diskul este un dispozitiv alcatuit din componente mecanice foarte sensibile, prezenta vibratiilor si a variatiilor de

temperatura duce la defectarea frecventa a acestuia. Exista diferite solutii cu privire la folosirea calculatoarelor in mediul industrial, cum ar fi folosirea de bariere de vibratii, amortizoare de soc, etc.

Se aplica de asemenea ideea de a indeparta pe cat posibil sistemul de procesare, implicit hard-diskul fata de sursele de vibratii si de caldura. In momentul actual, cand se aplica metode adaptive online, vedere artificiala, etc., apare necesitatea ca sistemul informatic sa proceseze foarte rapid informatia iar calculatorul industrial sa fie parte din sistemul incorporat de conducere, deci distanta fizica sa fie cat mai mica cu putinta.

Defectiunile ce pot sa apara din cauza vibratiilor, cum ar fi defectarea hard-diskului si a sistemului informatic, duc la stoparea si intarzierea productiei, dar, mai grav, la pierderea de date.

Mediul magnetic al unui hard-disk include o zonă de informații servo (servo area), o zonă de date, reprezentată în mod obligatoriu de mai multe sectoare, care se află pe prima pistă, și zone de micro servo, informație care se află între două sectoare succesive, așa cum se arată în figura 1.

Zonele de micro servo servesc la identificarea sectorului care se accesează pentru a utiliza datele pe care acesta le conține, și memorează varii coduri de paritate pentru a determina integritatea datelor acestuia. La comanda de citire a unui sector, softul intern al hard-diskului trimite comanda de poziționare pe sectorul comandat. Aceasta duce la deplasarea capului de citire într-o poziție aproximativă, întrucât actuatorul nu are rezoluția atât de mare pentru poziționarea exactă, și apoi la căutarea în vecinătate a acelei piste unde se află sectorul căutat. În cazul în care apar erori de identificare a sectoarelor, actuatorul hard-diskului nu mai poate accesa un sector sau chiar toată suprafața magnetică a discului, datorită faptului că nu se poate poziționa exact pentru a citi piste de servo, deși datele înmagazinate în acestea nu sunt corupte. Erorile de citire a pistei servo (care este formată la rândul ei din sectoare, identificate de zone de micro-servo) și a sectoarelor sunt cauzate de imposibilitatea identificării sectoarelor prin citirea zonelor de micro servo.

În prezent, arhitectura hard-diskurilor presupune că bratul actuatorului să aibă o poziție de calibrare, îndepărtată față de pozițiile de citire, ce corespunde cu cea de parcare. În scopul citirii unei piste, din această poziție bratul se poate roti într-o poziție aproximativă și poate citi într-un singur sens sectoarele hard-diskului. Din cauza faptului că poziția de citire nu este exactă, după poziționare, are loc un proces de căutare a pistei ce trebuie citită. Ratarea citirii, provocată de coruperea informației de micro servo, se tratează prin reluarea acestui algoritm, începând cu aducerea bratului în poziția de calibrare.

Este posibil ca, după mai multe tentative de citire, acesta să poată identifica corect pista căutată, dar sistemele de operare moderne, ca urmare a fluxului mare de cereri către hard-disk, se blochează, datorită întârzierii mari. De exemplu, dacă apar mai multe sectoare care au întârzieri de ordinul a 700 ms și hard-diskul reușește să citească pe acestea, atunci, datorită întârzierii totale care ajunge la nivelul de zeci de secunde, sistemul de operare se blochează. Un alt scenariu îl reprezintă secvența de identificare a hard-diskului la pornirea sistemului. BIOS-ul chestionează hard-diskul cu privire la informațiile care îl descriu, iar acesta, neputând identifica pista 0 sau reușind acest lucru cu întârzieri semnificative, nu poate fi identificat de către BIOS. Rezultă de aici incapacitatea de accesare a datelor stocate pe acesta.

Din aceste motive, actualmente apar următoarele situații posibile

- 1) la coruperea primei piste de servo toată informația de pe hard-disk este inaccesibilă;
- 2) datele stocate, după o zonă formată din sectoare ce nu pot fi accesate, devin inaccesibile, pentru că softul intern al hard-diskului intra într-o buclă de calibrare (constând în aceea că actuatorul se poziționează la unghiul maxim după care revine, măsurând cu ajutorul senzorului inductiv poziția, și căutând apoi sectorul) și, consumând timp considerabil pentru parcurgerea acesteia, face ca sistemul de operare să se blocheze;

Sistemele actuale de poziționare a actuatorului hard-diskului, în funcție de informația de servo, prezintă dezavantajul că eficiența de tratare a rateurilor este scăzută.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este eficientizarea actiunii de accesare a sectoarelor, in cazul in care exista coruperea zonelor de microservo, prin intermediul unei noi arhitecturi a hard-diskului si a unui nou procedeu de tratarea rateurilor de citire.

Arhitectura hard-diskului si procedeu de tratare a rateurilor de citire, potrivit inventiei, determina cresterea eficientei de tratare a rateurilor de citire cauzate de coruperea zonelor de micro-servo, prin aceea ca, bratul actuatorului are doua limitatoare mecanice de calibrare, ambelor corespunzand cu precizie pozitiei de citire a pistei servo (pista 0), si capul de citire de pe brat poate citi in ambele sensuri (crescator sau descrescator) sectoarele de pe suprafata platanului, fara schimbarea sensului de rotatie a acestuia, iar procedeu de tratare a unui rateu de citire consta in recalibrarea bratului actuatorului folosind celalalt limitator de calibrare si citirea in celalalt sens a platanului.

2. Epureanu A., Marin F.B., Marinescu V., Banu M., Maier C., Oancea N., *Metoda si sistem incorporat pentru conducerea masinilor reconfigurabile* - Dosar Nr. A 00576/13.08.2006

Rezumat:

Prezenta inventie se refera la o metoda si un sistem incorporat destinat conducerii numerice adaptiv-optimale a masinilor unelte, in primul rand a celor reconfigurabile.

Sunt cunoscute sistemele de conducere numerica computerizata a masinilor unelte (CNC), cu ajutorul carora se realizeaza procesele de manufacturare a unor obiecte fizice.

In cazul acestor sisteme, prin programul piesa (elaborat in limbajul ISO G-code), se stabileste sirul actiunilor elementare pe care masina unealta trebuie sa le intreprinda, pentru a realiza ciclul de prelucrare a unui exemplar si, pentru fiecare actiune, se stabilesc valorile marimilor de stare, astfel incat sa fie satisfacute exigentele tehnice ale produsului rezultat, cum ar fi de exemplu rugozitatea sau precizia. Programul piesa este citit si executat instructiune cu instructiune de catre sistemul CNC al masinii. Operatorul monitorizeaza geometria obiectului prelucrat si desfasurarea procesului de prelucrare si, la nevoie, intervine in continutul programului piesa, modificand in mod adecvat parametrii regimului de lucru sau valorile unor constante ale programului piesa. De exemplu, la monitorizarea geometriei, constatand ca o anumita dimensiune a obiectului prelucrat a depasit sau este foarte aproape sa depaseasca limita campului de toleranta, operatorul modifica valoarea corectiei de scula. Un alt exemplu, daca la monitorizarea desfasurarii procesului constata aparitia vibratiilor autoexcitate, atunci intervine pentru reducerea vitezei de aschiere, pana la disparitia acestei vibratii. Elaborarea programului piesa corespunzator procesului de prelucrare a unui anumit obiect fizic, cu ajutorul unei anumite masini unelte CNC si folosind un anumit echipament tehnologic poate fi manuala sau asistata de calculator pe baza unui produs informatic CAM.

Metodele si sistemele de conducere numerica a proceselor de manufacturare prezentate mai sus au urmatoarele dezavantaje:

- Interventia operatorului in conducerea procesului, ca urmare a monitorizarii, poate consta doar in modificarea parametrilor procesului sau a constantelor programului; dupa modificare, atat parametrii cat si constantele raman nemodificate in continuare pe tot parcursul executarii respectivei fraze. De exemplu, in cazul unei fraze ce comanda strunjirea unei suprafete cilindrice, modificarea corectiei de scula implica modificarea diametrului pe toata lungimea acesteia; ca urmare, o eroare manifestata prin conicitatea suprafetei cilindrice nu poate fi corectata. Deasemenea, valoarea avansului la prelucrarea acestei suprafete va fi intotdeauna constanta, desi adaosul de prelucrare variaza in lungul axei suprafetei.

- Programul piesa cuprinde prezentarea actiunilor ce trebuie comandate pentru ca, parametrii de calitate si eficienta ai produsului sa fie cei impusi. Aceasta inseamna ca programatorul trebuie sa cunoasca cu precizie relatia dintre argumentele functiilor programate si parametrii de calitate ai produsului; orice eroare a programatorului este subiect de corectie online aplicata de operator.

- Modificarea programului piesa este determinata de variatia marimilor de stare, sesizata in cursul monitorizarii, dar variatia in timp si spatiu a comportarii sistemului de manufacturare nu

determina vreo modificare a programului piesa; altfel spus, conducerea nu este adaptiva, intrucat nu implica reconstructia periodica a modelului matematic care leaga actiunea de modificare a programului cu variatia monitorizata a variabilelor de stare.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este aceea de a conduce o masina unealta CNC reconfigurabila, astfel incat efortul de programare sa fie diminuat, iar pe de alta parte conducerea sa fie optima, in sensul ca, in conditiile satisfacerii unui set de restrictii, productivitatea procesului sa fie maxima iar costul minim, si adaptiva, in sensul ca sa tina cont de evolutia in timp si spatiu a comportarii sistemului si a caracteristicilor semifabricatului.

Metoda si sistemul incorporat pentru conducerea proceselor de manufacturare, potrivit inventiei, inlatura dezavantajele de mai sus prin aceea ca, in scopul de a diminua efortul de programare si de a optimiza procesul de manufacturare, chiar in conditiile in care comportarea sistemului de manufacturare evolueaza in timp si spatiu, a) continutul informational al programului piesa consta in caracteristicile obiectului manufacturat si nu in succesiunea actiunilor ce trebuie intreprinse pentru obtinerea acestor caracteristici, b) ciclul de lucru al masinii este discretizat intr-un numar mare de secvente, astfel incat, in cursul unei secvente, modificarile marimilor de stare sa fie neglijabile, pentru ca valorile acestora sa poata fi considerate constante, apoi, c) pentru fiecare secventa, procesul de manufacturare este derulat virtual si, potrivit algoritmului de optimizare, sunt determinate valorile optime ale variabilelor de comanda, dupa care d) respectivele valori sunt comandate secvential in timp, astfel incat masina sa atinga succesiv aceste valori, urmand ca, e) prin monitorizarea procesului sa se determine corectiile valorilor optime ale variabilelor de comanda, in conformitate cu evolutia in timp si spatiu a comportarii sistemului de manufacturare si a modului cum se desfasoara procesul de manufacturare.

Produce software

Produce software SinCONPETRI

Sistem software reconfigurabil pentru comanda unui strung .

Sistemul software cuprinde un modul de interfata om masina care implementeaza un interpretor reconfigurabil si un modul pentru comanda elementelor operative ale strungului realizat cu un controler logic programabil. Controlerul logic programabil gestioneaza elementele axelor de lucru, elementele arborelui principal si elementele auxiliare ale strungului in concordanta cu ordinele impuse de operator prin intermediul interpretorului sau a interfetei de comanda.

Sistem software pentru comanda unei masini de prelucrare liniara

Sistemul comanda al masinilor cu prelucrare liniara a fost implementat in cazul unei masini de gaurit si frezat in coordonate. A fost implementat un sistem de actionare a axelor de lucru avand ca element central un variator de viteza pentru comanda motorului ce actioneaza cutia de avansuri. Sistemul de actionare este controlat folosind o structura CLP modulara controlata de un terminal industrial

Sistem software de comanda a liniilor de prelucrare prin stantare

Sistemul de comanda pentru masinile de prelucrare prin stantare a fost implementat pentru mai multe masini folosite in domeniul constructiilor metalice. Prin reconfigurarea parametrilor sistemului software acesta a putut fi folosit pentru comanda unor masini de generatii diferite. Sistemul cuprinde un modul pentru corectia erorilor de pozitionare in cazul axelor de lungime mare.

Sistem software de comanda a liniilor de prelucrare prin gaurire

Sistemul software este destinat liniilor de prelucrare prin gaurire a profilelor utilizate in constructiile metalice. Sistemul realizeaza comanda unei linii dotata cu mai multe unitati de burchiere. Sistemul

permite controlul liniei, configurarea parametrilor specifici masinii si monitorizarea functionarii acesteia.

Sistem de monitorizare si comanda pentru instalatii de zincare termica in vederea eficientizarii consumurilor energetice

Sistemul permite monitorizarea functionarii unei instalatii de zincare termica cu ajutorul unui software client OPC. Avand in vedere faptul ca instalatia functioneaza fara intrerupere pe durata a mai multor ani, comanda acesteia este redundanta, in sensul ca monitorizarea si controlul instalatiei pot fi realizate simultan atat de la un calculator cat si de la nivelul unui terminal specializat. Pentru actionarea elementelor de executie este se folosesc doua controlere logice programabile, care comunica atat cu terminalul cat si cu calculatorul. Sistemul de control permite programarea instalatiei in sensul limitarii puterii maxime disipate in cadrul unor intervale orare de varf.ş

5.2.5 Concluzii

1. Conceperea unui nou tip de reţele Petri, numit în lucrare *reţele Petri dezvoltate* ce dă posibilitatea implementării controlerelor de conducere reconfigurabilă a sistemelor de prelucrare.
2. Conceperea unei metodologii pentru sinteza controlerelor implementate pe baza modelelor cu *reţele Petri dezvoltate*.
3. Sinteza controlerelor implementate pe baza *reţelelor Petri dezvoltate* ce au posibilitatea redresării erorilor.
4. S-a analizat oportunitatea implementarii interfetelor om-masina utilizand medii de programare integrate cum ar fi Visual C++ si utilizarea serverelor OPC implementarea transferului de date in cadrul sistemelor reconfigurabile.
5. S-a propus un nou concept acela de interpretor CNC reconfigurabil si s-a realizat o implementare a unui sistem de comanda numerica avand ca element central un server OPC.

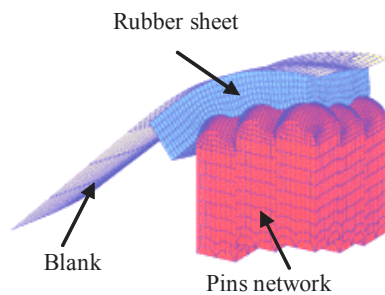
5.3. Proiectarea funcțiilor tehnologice ale proceselor de deformare a tablelor în vederea reconfigurabilității sistemelor flexibile de fabricație a caroseriilor auto

5.3.1 Premisele științifice și tehnice

Producția inovativă reprezintă o nouă orientare a structurii unei întreprinderi, de la una rigidă, bazată pe reguli, la una bazată pe cunoștințe și capital de idei, ceea ce va determina o mișcare de la o economie a cantității spre una a calității, de la o economie bazată pe consum și risipă la o economie susținută.

Proiectarea și controlul procesului de ambutisare au generat eforturi de cercetare considerabile datorită multitudinii factorilor care intervin în proces și a complexității relațiilor dintre aceștia. Proiectul propune o nouă concepție asupra procesului de ambutisare complexă utilizând elemente de reconfigurabilitate, control adaptiv, proiectare virtuală, simulare numerică, extragere de cunoștințe.

Deformarea cu matrite reconfigurabile este o tehnologie flexibilă de fabricare prin care se poate realiza o mare varietate de piese din tablă, în mare parte destinate industriei automobilelor și aeronautice. Caracterul particular al acestei deformări este dat de construcția discretă a suprafeței active a elementelor de lucru, care este compusă dintr-un număr de pini poziționați pe verticală, conform geometriei piesei de fabricat.



Aparută relativ recent, tehnologia oferă astăzi un important domeniu de studiu ca și numeroase aplicații industriale. Pe plan mondial se remarcă o serie de cercetări care au permis utilizarea industrială a tehnologiei. Astfel, Walczyk și Hardt [3.1, 3.2, 3.5] au pus la punct o serie de matrite pentru deformarea cu pini. Pini pot fi poziționați fie la intervale unii de alți fie pot fi poziționați unul lângă altul. Pentru realizarea unei suprafețe, reglarea lor pe înălțime se face prin comandă numerică. Papazian [3.3, 3.4] a dezvoltat un sistem pentru deformarea pe poanson. Sistemul constă dintr-o singură matrită cu pini și o placă flexibilă din cauciuc care este plasată între matrită cu pini și semifabricat. Reglarea matritei se face de asemenea folosind comandă numerică. Metoda este aplicată în industria aeronautică. Cercetători chinezi, Cai, Chen și Li [3.7-3.12] s-au ocupat de aspectele teoretice ale procesului, respectiv de simularea numerică prin proiectarea unui soft dedicat, reconfigurarea geometriei matritelor ținând cont de revenirea elastică a materialului ca urmare a deformării, rolul și influența reinerii materialului în timpul procesului de deformare cu pini. Aceștia au pus la punct două noi metode de deformare cu pini și anume deformarea regiune cu regiune a pieselor de dimensiuni mari și deformarea cu poziționarea secvențială a pinilor în timpul procesului de presare. O idee care a fost formulată de Cai [3.13] și mai apoi de Boers [3.14] este aceea a gasirii unui pas optim de deformare ținând cont de solicitarea materialului în timpul procesului de deformare. În

Romania, colectivul din catedra de TCM a Universitatii Dunarea de Jos din Galati, Paunoiu [3.15-3.21], a inceput cercetarile legate de acest procedeu din anul 2004. Colectivul a realizat simularea numerica a procesului, compensarea revenirii elastice si proiectarea unui echipament actionat mecanic pentru aceasta tehnologie.

5.3.2 Activitati operationale desfasurate

Pentru proiectarea functiilor tehnologice ale proceselor de deformare a tablelor in vederea rereconfigurabilitatii sistemelor flexibile de fabricatie a caroseriilor auto, au fost desfasurate urmatoarele activitati operationale:

1. Dezvoltarea unei tehnici predictive bazata pe element finit pentru controlul formei matritelor cu pini reconfigurabili

Principalul parametru ce influentează formei pieselor deformate pe matriţel cu pini reconfigurabili este profilul suprafeţei matriţei. Acest profil este realizat prin poziţionarea pe verticală a pinilor ce compun matriţa. Poziţionarea pe verticală trebuie să ţină cont atât de proprietăţile materialului care se deformează cât şi de abaterile piesei obţinute ţinând cont de revenirea elastică a materialului după deformare. De aceea, pentru controlul profilului suprafeţei matriţei s-au dezvoltat şi implementat o serie de tehnici de simulare. Una din aceste tehnici este cea care se bazează pe utilizarea simulării cu element finit. Tehnica constă în: simularea iniţială a procesului de deformare cu matriţa cu pini reconfigurabili, analiza revenirii elastice a piesei după deformare, reconstrucţia profilului suprafeţei matriţei ţinând cont de revenirea elastică, reluarea procesului de simulare, analiza din nou a revenirii elastice a piesei şi continuarea pe mai departe a metodologiei descrise până la obţinerea formai dorite a piesei.

Pentru realizarea acestui studiu a fost folosit un program de element finit şi totodată au fost realizate produse soft pentru determinarea geometriei matriţei cu pini şi pentru reconstrucţia suprafeţei dintr-un număr de puncte, produse care se află încă în starea de testare.

2. Dezvoltarea unei scheme de reconfigurabilitate bazata pe cunostinte

Tematicile promitatoare pentru utilizarea modelarii, simularii tehnologiilor in vederea construirii sistemelor reconfigurabile includ: retele neuronale pentru optimizarea variantelor de reconfigurare si metode de inteligenta artificiala pentru luarea deciziilor (sisteme expert bazate pe cunoastere).

Productia inovativa reprezinta o noua orientare a structurii unei intreprinderi, de la una rigida, bazata pe reguli, la una bazata pe cunostinte si capital de idei, ceea ce va determina o miscare de la o economie a cantitatii spre una a calitatii, de la o economie bazata pe consum si risipa la o economie sustinuta.

3. Identificarea fluxului tehnologic de parametri necesari reconfigurabilitatii

Există o serie de parametri care definesc procesul de deformare pe matriţel cu pini reconfigurabili. Acestea pot fi clasificaţi în parametri de intrare şi parametri de ieşire. În această etapă au fost definiţi parametri de intrare legaţi de echipamentul de deformare, respectiv de matriţa cu pini reconfigurabili. Pe această bază a fost proiectat şi realizat un echipament de deformare cu pini reconfigurabili.

Conceptual au fost proiectate două matriţel pentru deformarea cu pini reconfigurabili, care constituie obiectul a două brevete de invenţie.

4. Simularea numerică a deformării unor caroserii cu pini reconfigurabili

Activitatea a urmărit două aspecte:

- realizarea unui model virtual al procesului de deformare cu pini, utilizând mediul de proiectare SOLID EDGE. Modelul a presupus obținerea tridimensională a echipamentului tehnologic și realizarea unei animații pentru reglarea pinilor conform unei geometrii stabilite urmata de simularea procesului de presare pentru verificarea geometriei proiectate.

- simularea numerică în element finit a procesului de deformare cu pini pentru obținerea datelor necesare aprecierii calitative a tehnologiei de deformare cu pini.

5.3.3 Ideile cheie considerate. Modul de abordare.

A. Algoritmul de predicție a formei matrițelor cu pini reconfigurabili

Determinarea punctelor de contact dintre capul pinilor și suprafața piesei este una dintre cele mai importante etape în construcția formei elementelor active ale matrițelor cu pini, ținând cont că această formă este direct dependentă de poziția pinilor pe înălțime.

Există o serie de modele de calcul a acestor poziții atât analitice [Wal 3.1], cât și complexe, bazate de exemplu pe metoda elementului finit [Cai 3.1], considerând fie că suprafața este cunoscută analitic fie că ea este definită prin puncte (în formă discretă).

Pentru caz când suprafața este definită prin puncte, o metodă de determinare a poziției pinilor a fost propusă de [Pau 3.1]. S-a considerat cazul general, când de exemplu suprafața respectivă este rezultatul unor măsurători punctuale.

În figura 3.1 se prezintă forma discretizată a suprafeței.

Într-un punct oarecare al suprafeței, fie $M_{i,10}$, se poate defini un poliedru, substitutiv suprafeței S.

Astfel, normala la suprafața S poate fi aproximată cu oricare dintre normalele la cele patru fețe ale poliedrului.

Pentru fiecare dintre direcțiile normalelor la fețele poliedrului, se pot scrie ecuațiile normalelor (în jurul punctului $M_{i-1,10}$), în forma:

$$\vec{N}_{Sv} = N_{sv_x} \vec{i} + N_{sv_y} \vec{j} + N_{sv_z} \vec{k} \quad (3.1)$$

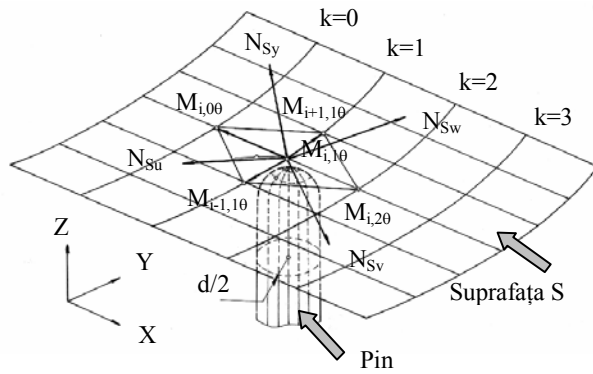


Fig. 3.1. Discretizarea suprafeței deformate, suprafața este definită discret

Din ansamblul celor patru normale, la suprafețele poliedrului înlocuitor, se alege aceea pentru care condiția de incidență cu axa pinului A_i , are cea mai mică valoare. Se scrie condiția de intersecție a normalei cu axa pinului ca și condiția de tangență la suprafața a pinului. Algoritmul determină poziția efectivă a axei pinului relativ la punctul $M_{i,10}$ de pe suprafața S. Prin repetarea algoritmului pentru toate punctele, vor rezulta pozițiile pinilor din rețea în raport cu suprafața piesei.

Plecând de la algoritmul de mai sus pentru predicția formei matrițelor, se consideră o matriță digitizată (matriță cu suprafețe discrete) compusă din $m \times n$ poansoane, de fiecare parte a tablei, suprafața semifabricatului deformat poate fi exprimată ca o funcție de înălțimile tuturor poansoanelor $p_i (i=1, 2, 3, \dots, m \times n)$:

$$S(x, y) = f(p_1, p_2, \dots, p_{mn}). \quad (3.2)$$

Dacă suprafața $S(x, y)$ este reprezentată de $m \times n$ puncte discrete, ecuația (3.1) poate fi scrisă sub forma:

$$S = F(P) \quad (3.3)$$

unde $S = (S_1 S_2 \dots S_{mn})^T$ este o matrice $m \times n$ ale coordonatelor pe direcția z a punctelor discrete măsurate și reprezintă forma piesei deformate; $P = (p_1 p_2 \dots p_{mn})^T$ este o matrice $m \times n$ cu înălțimea poansoanelor și reprezintă suprafața de lucru a matriței digitizate, corespunzătoare suprafeței S inițiale; $F = \{F_1 F_2 \dots F_{mn}\}^T$ și $S_i = F_i(p_1, p_2, \dots, p_{mn})$.

Incrementul suprafeței de lucru ΔP poate fi calculat aproximativ din incrementul formei suprafeței deformate ΔS cu relația:

$$\Delta P = C \cdot \Delta S \quad (3.4)$$

unde $C = \nabla^{-1} F$ este o matrice $(m \times n) \times (m \times n)$, și:

$$\nabla F = \begin{bmatrix} \partial F_1 / \partial p_1 & \partial F_1 / \partial p_2 & \cdots & \partial F_1 / \partial p_{mn} \\ \partial F_2 / \partial p_1 & \partial F_2 / \partial p_2 & \cdots & \partial F_2 / \partial p_{mn} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \partial F_{mn} / \partial p_1 & \partial F_{mn} / \partial p_2 & \cdots & \partial F_{mn} / \partial p_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Fie S_{obj} funcția formei obiectiv a suprafeței cerute. Eroarea de formă (figura 3.2) ΔS poate fi descrisă de relația:

$$\Delta S = S_{obj} - S \quad (3.6)$$

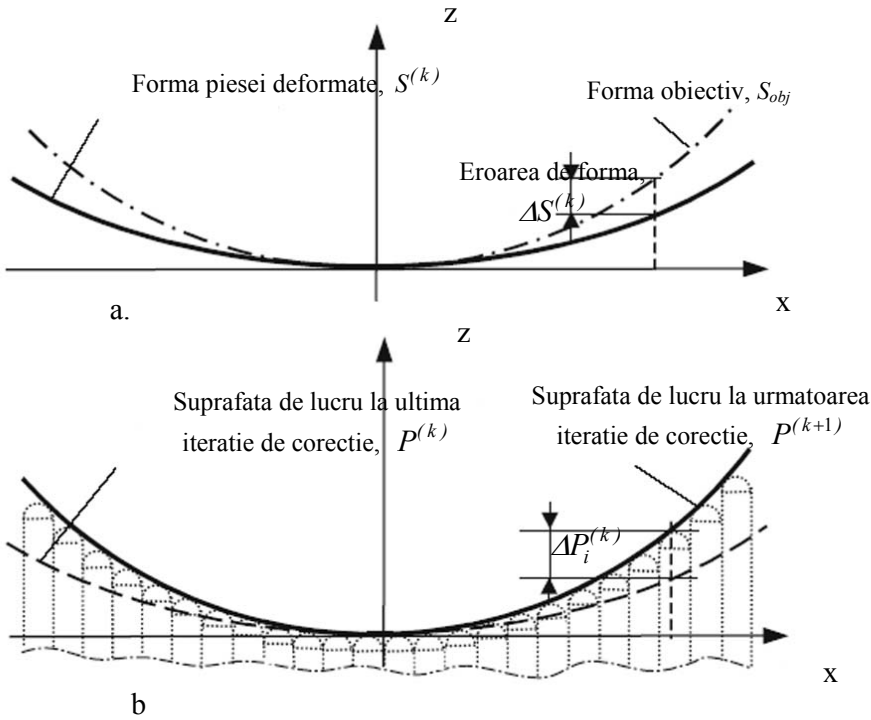


Fig. 3.2

Pentru minimizarea revenirii elastice, suprafața de lucru trebuie corectată pas cu pas în funcție de eroarea de formă a piesei deformate. Noua suprafață de lucru poate fi calculată prin următoarea procedură:

$$P^{(k+1)} = P^{(k)} + C^{(k)} \Delta S^{(k)} \quad (3.7)$$

unde k este numărul iterației de corecție, $P^{(k)}$ și $\Delta S^{(k)}$ sunt forma suprafeței de lucru și eroarea de formă a suprafeței deformate după k iterații de corecții, $P^{(k+1)}$ este suprafața de lucru la următoarea

iterație (figura 2), $C^{(k)} = \nabla^{-1} F^{(k)}$ este matricea de corecție și elementul în ∇F poate fi calculat pe baza rezultatelor ultimelor două iterații.

$$\left(\frac{\partial F_i}{\partial P_j} \right)^{(k)} \approx \frac{S_i^{(k)} - S_i^{(k-1)}}{P_j^{(k)} - P_j^{(k-1)}} \quad (3.8)$$

Eroarea totală de formă a piesei deformate este:

$$E_s^{(k)} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^{m \times n} |\Delta S_i^{(k)}| \quad (3.9)$$

Figura 3.3 prezintă algoritmul de corecție a revenirii elastice.

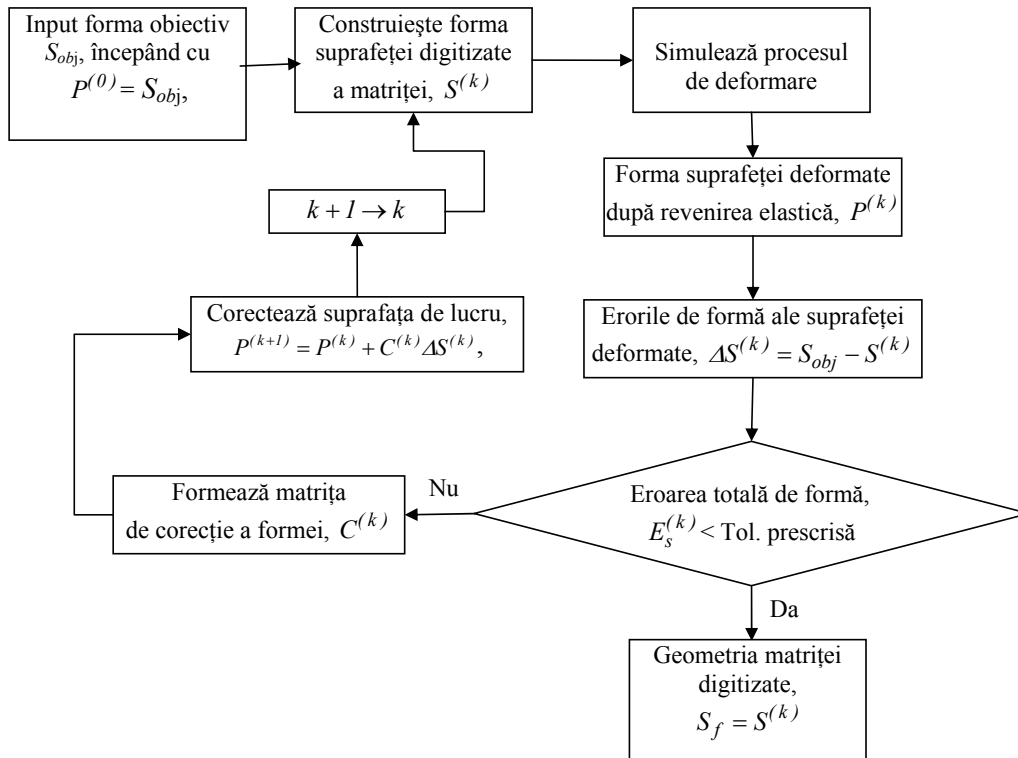


Fig. 3.3

Pe baza rezultatelor simulate ale ciclului de deformare anterior, forma obiectiv a piesei este comparată cu forma piesei deformate pentru a obține erorile de formă, toate aceste erori sunt procesate pentru a genera o nouă suprafață de lucru a matricei digitizate. Această nouă formă a suprafeței este utilizată pentru a deforma semifabricatul obținând a nouă piesă deformată cu câteva erori. Iterația de corecție continuă până când toleranța prescrisă a erorii de formă este satisfăcută.

În schema din figura 3.2 se identifică câteva blocuri principale de calcul care necesită dezvoltare.

Forma obiectiv a piesei este cunoscută, fie analitic fie este definită discret. Suprafața digitizată a matriței este reprezentată de totalitatea punctelor de contact dintre pini și suprafața deformată finală a piesei. Pentru a afla aceste puncte a fost elaborat un algoritm și un program de calcul. Rezultatele rulării acestui program sunt folosite în simulările numerice. Pentru simularea procesului de deformare este folosit programul de element finit Dynaform. Programul permite obținerea revenirii elastice a piesei. În continuare va fi dezvoltat un algoritm și un program de calcul pentru determinarea formai geometrice a piesei revenite.

B. Dezvoltarea unei scheme de reconfigurabilitate bazata pe cunostinte

Creșterea explozivă a tipurilor de informații și a numărului acestora din ultimii ani, stocate pe un anumit suport, a făcut ca prelucrarea lor și obținerea unor rezultate utile și eficiente să fie un proces foarte anevoios din punct de vedere practic.

De aceea a apărut necesitatea de a crea un instrument automat care să transforme (printr-o procesare corespunzătoare) diversele date conținute în baze de date de dimensiuni mari, în informații și cunoștințe utile atât într-un proces de observare, cât și într-unul de luare de decizii.

În sprijinul acestei nevoi a apărut conceptul de data mining.

Definiție: Data mining reprezintă un proces de extragere de informații implicite, viabile și care să prezinte interes, din seturi mari de date.

Pregătirea datelor pentru a le fi aplicate instrumentele din *data mining* consta în:

a) *Preprocesare* – eliminarea datelor care nu sunt necesare,

– verificarea consistenței (unităților de măsură),

– detectarea datelor eronate și eliminarea lor,

– eliminarea valorilor extreme (*outliers*);

b) *Integrarea datelor* – combinarea unor variabile;

c) *Transformarea variabilelor*

– prin standardizare,

– prin trecere la scala logaritmică;

d) *Separarea bazei de date în trei categorii de date:*

1) Categoria pentru antrenament,

2) Categoria pentru validare,

3) Categoria pentru testare.

e) *Folosirea statisticilor* descriptive clasice simple: media, mediana, amplitudinea, abaterea standard, quartilele;

f) *Folosirea diagramelor* simple: histograme ale frecvențelor, *box plot*-uri, diagrame cu bare, diagrame radiale (rozeta).

În operațiile de data mining, construcția bazei de date prezintă o importanță foarte mare privind precizia modelului relational obținut. În cazul de față, baza de date se realizează în urma simulării numerice cu elemente finite a ambutisării unor piese cu matrițe reconfigurabile cu pini. Simularea procesului de deformare plastică a tablei s-a efectuat pentru 4 scheme distincte, cu corespondență în variantele posibile de realizare tehnologică:

a) deformare între două plăci, cu pini poziționați față în față;

b) deformare între două plăci, cu pini poziționați decalat;

c) deformare între două plăci, cu suprafețele materializate complet de pini;

d) deformare între două plăci, cu ansamblul matriță-poanson continuu.

Din analiza simulărilor numerice realizate în cadrul obiectivului 3.1. al acestui proiect, se considera, într-o primă aproximare, ca parametrii ce trebuie să fie stocați în baza de date de exploatare pentru extragerea de cunoștințe, sunt:

- **parametrii – cauza:**
 - schema de lucru considerata (a-d);
 - forta maxima de deformare;
 - parametrii punctului de observare (nod al rețelei de discretizare):
 - coordonatele x, y, z inainte de deformare
 - coordonatele x, y, z dupa deformare
 - valorile componentelor $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ale tensorului tensiunilor, inainte de revenirea elastica
 - valoarea tensiunii echivalente Von Mises inainte de revenirea elastica
- **parametrii – efect:**
 - parametrii punctului de observare (nod al rețelei de discretizare):
 - coordonatele x, y, z dupa revenirea elastica
 - subtierea materialului dupa deformare
 - valorile componentelor $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ale tensorului tensiunilor, dupa revenirea elastica
 - valoarea tensiunii echivalente Von Mises dupa revenirea elastica

Coordonatele z ale punctelor de observare pe piesa inainte si dupa revenirea elastica si extrase din rezultatele simularilor numerice se raporteaza la un sistem de coordonate a carui origine este diferita e centrul de curbura a piesei. Pentru a efectua calculele geometrice necesare deciziei – punctul de pe piesa ambutisata, dupa revenirea elastica, se afla sau nu in campul de toleranta admis sau nu – se vor parcurge urmatoarele etape:

- colectarea valorilor parametrilor de mai sus corespunzatori nodurilor rețelei de discretizare, cu citire din 3 in 3 noduri;
 - calculul constantei z_{const} necesara recalcularii coordonatelor z_i ale nodurilor fata de centrul de curbura a piesei, dupa revenirea elastica;
 - calculul unghiului la centru α_i corespunzator nodului i – punct de observare/masurare;
 - calculul unghiurilor la centru, α_{i-} si α_{i+} , corespunzatoare pozitiiilor minim/maxim a campului de toleranta admis;
 - calculul coordonatelor z_{i-} si z_{i+} intre care trebuie sa se situeze cordonata z_i pentru a respecta campul de toleranta impus;
 - completarea coloanei “**decizie**” in baza de date in functie de pozitia coordonatei z_i dupa revenirea elastica, fata de campul de toleranta, adica fata de intervalul $[z_{i-}, z_{i+}]$.
- Colectarea valorilor parametrilor-cauza si a parametrilor-efect

In urma simularii numerice a celor patru scheme de lucru (pini fata in fata, pini decalati, suprafata materializata complet de pini, ansamblul matriță-poanson continue) s-a realizat colectarea valorilor parametrilor-cauza si ale parametrilor-efect cu citire din 3 in 3 noduri pentru ca baza de date sa nu fie deosebit de voluminoasa. Au rezultat bazele de date : *CapPini.xls*, *DecalatPini.xls*, *ContinuPini.xls* si *Continu.xls*. Prin colectarea valorilor acelorasi parametri dupa revenirea elastica s-au generat bazele de date: *SpringCapPini.xls*, *SpringDecalatPini.xls*, *SpringContinuPini.xls* si *SpringContinu.xls*. Bazele de date de mai sus sunt prezentate in anexa acestui raport.

- Calculul constantei z_{const}

Constanta z_{const} reprezinta cota z a centrului de curbura a piesei fata de originea sistemului de coordonate considerat in simularea numerica. Aceasta valoare se calculeaza considerand cota z a unui

nod aflat pe conturul piesei la sfarsitul deformarii – punctul B₁ din figura 1 - respectiv 41,420158, si lungimea segmentului O₁B₂ calculat pentru acelasi nod, astfel:

$$z_{const} = O_1B_2 + 41.420158$$

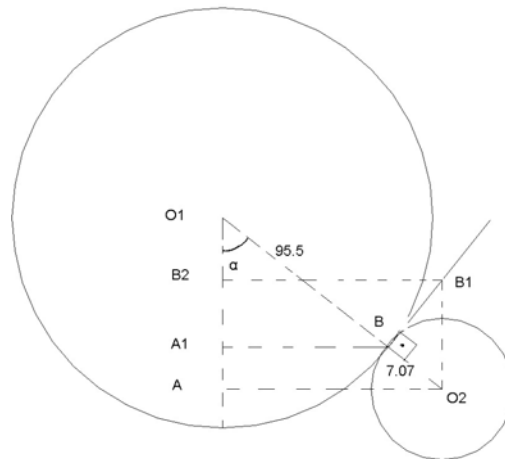


Figura 1

$$\square O_1AO_2 \square \square O_1A_1B \Rightarrow \frac{95.5+7.07}{95.5} = \frac{60}{A_1B}$$

$$A_1B = \frac{95.5 \cdot 60}{95.5 + 7.07} = 55.864287$$

$$\square O_1AO_2 : O_1A = \sqrt{102.57^2 - 60^2} = 83.19$$

$$\left. \begin{array}{l} \square O_2BB_1 : O_2B_1 = \frac{O_2B}{\cos \alpha} \\ \sin \alpha = \frac{60}{102.57} \Rightarrow \alpha = 35.8 \end{array} \right\} \Rightarrow O_2B_1 = \frac{7.07}{\cos 35.8} = 8.71695$$

$$O_1B_2 = O_1A - O_2B_1 = 83.19 - 8.71695 = 74.47305$$

$$\text{constanta}(z) = 74.47305 + 41.420158 = 115.893208$$

$$\boxed{z_{const} = 115,893208 \text{ mm}}$$

- Recalcularea coordonatelor z_i

Vom folosi valoarea constantei obtinuta la etapa anterioara pentru a recalcula coordonata z_i a fiecarui nod i considerat, in raport cu centrul de curbura a piesei, astfel:

$$z_i = z_{const} - z_{i_{sim}}$$

- Calculul unghiurilor la centru α_{i-} si α_{i+}

Pentru un nod i in care se colecteaza valorile parametrilor-cauza si ale parametrilor-efect avem situatia prezentata in figura 2, astfel incat:

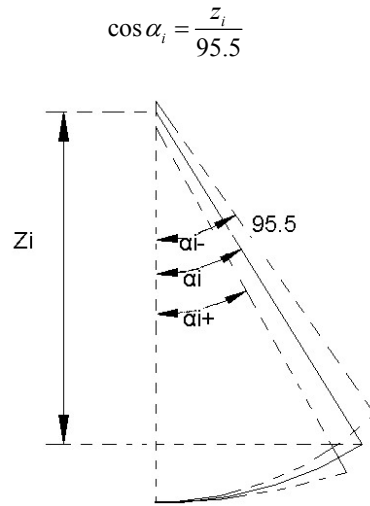


Figura 2

Conform STAS 11111 toleranta admisibila la raza de curbura R95 a piesei este ± 1 .

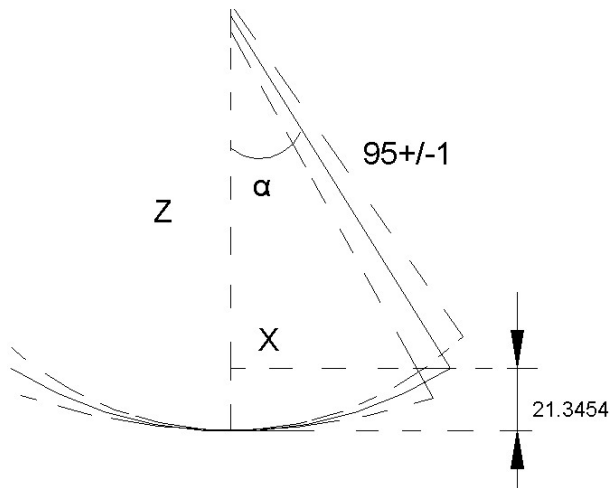


Figura 3

$$\alpha = \frac{360}{2\pi \cdot 95} \cdot L$$

$$L_{prest} = \frac{2\pi \cdot 95 \cdot \alpha}{360} = 64.94mm$$

Lungimea piesei (figura 3) fiind aceeași în cazul dat și în cazurile extreme $R_+ = 96,5$ mm și $R_- = 94,5$ mm, pentru la fiecare nod i considerat, rezulta:

$$L_i = \frac{2\pi\alpha_i}{360} \cdot 95.5 = \text{const} \quad \text{si} \quad \text{const} = \frac{\pi\alpha_i \cdot 95.5}{180} = \frac{\pi\alpha_{i_+} \cdot 96.5}{180} = \frac{\pi\alpha_{i_-} \cdot 94.5}{180}$$

Din relațiile de mai sus rezulta relațiile de calcul a unghiurilor la centru corespunzătoare aceluiași punct (aceeași lungime a deformatiei) aflat pe raza minimă, respectiv pe raza maximă conform toleranței admisibile.

$$R_+ = 96.5 \Rightarrow \alpha_{i_+} = \frac{95.5}{96.5} \cdot \alpha_i \Rightarrow z_{i_+} = 96.5 \cdot \cos \alpha_{i_+}$$

$$R_- = 94.5 \Rightarrow \alpha_{i_-} = \frac{95.5}{94.5} \cdot \alpha_i \Rightarrow z_{i_-} = 94.5 \cdot \cos \alpha_{i_-}$$

- Calculul coordonatelor z_{i_-} și z_{i_+}

Folosind relațiile obținute la etapele anterioare pentru calculul unghiurilor la varf minim/maxim și înlocuind în ultimele două, rezulta:

$$z_{i_-} = 94.5 \cdot \cos \left(\frac{95.5}{94.5} \cdot \arccos \frac{(\text{constanta}(z) - z_{i_{sim}})}{95.5} \right)$$

$$z_{i_+} = 96.5 \cdot \cos \left(\frac{95.5}{96.5} \cdot \arccos \frac{(\text{constanta}(z) - z_{i_{sim}})}{95.5} \right)$$

- Luarea deciziei

Pentru completarea coloanei “**decizie**” în bazele de date obținute comparăm fiecare valoare z_i , obținută după revenirea elastică în simularea numerică și recalculată la una din etapele anterioare, cu valorile minim/maxim z_{i_-} și z_{i_+} .

$$\text{Daca } (z_{i_{sim}}) \in [z_{i_-}, z_{i_+}] \Rightarrow \text{atunci decizia are valoarea 0.}$$

În caz contrar decizia are valoarea 1.

C. Identificarea fluxului tehnologic de parametri necesari reconfigurabilității

Deformarea cu matrice reconfigurabile poate fi caracterizată de următorii parametri de intrare principali:

- forma, numărul și modul de aranjare a pinilor în rețea (figura 3.38).

Forma pinilor poate fi hexagonală, pătrată, triunghiulară sau circulară (figura 3.38).

Cum se dorește ca suprafața de contact dintre pini să fie maximă, rezultă că este de preferat o aranjare a pinilor de tip triunghiular, pătrat sau hexagonal. Rețeaua rotundă, deși este cel mai ușor de realizat din punct de vedere practic, nu asigură decât un contact liniar între pini, cu efect negativ asupra realizării unei forțe de strângere corespunzătoare. Din rațiuni tehnologice, în practică, cea mai utilizată este rețeaua pătrată.

Capetele active ale pinilor sunt semisferice, cu un diametru egal cu diagonala secțiunii transversale prin pin, având dimensiunile cuprinse între 25 și 28 mm.

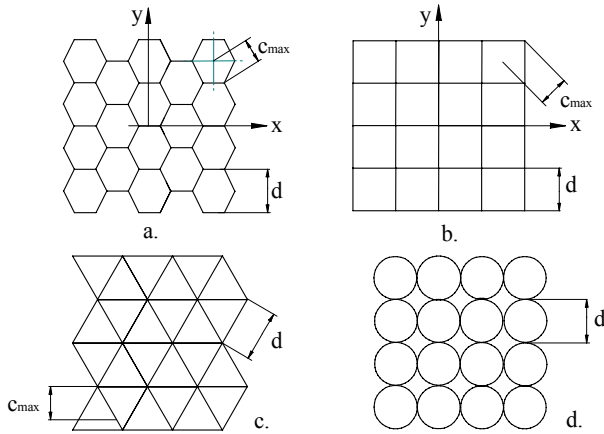


Fig. 3.38. Tipuri de rețele de pini: a. rețea hexagonală; b. rețea pătrată; c. rețea triunghiulară; d. rețea circulară

Corpul pinilor poate fi solid sau poate fi de formă tubulară.

Numărul pinilor este determinat de dimensiunile piesei care urmează a se deforma și de diametrul lor. De exemplu pentru o matrită cu dimensiunile de 1,2 x 1,8 m sunt necesari între 2700 (29 mm diametru de pin) și 3500 pini (25 mm diametru de pin). Cu cât diametrul lor este mai mic, evident că numărul necesar de pini va fi mai mare cu efect benefic asupra calității suprafeței tablei deformate, care va fi mai bună.

- poziția pe înălțime a pinilor în rețea, determină punctul de contact al pinilor cu suprafața tablei. Determinarea înălțimii pinilor de deformare z_{ij} , din punctele $M_{ij}(x_i, y_j)$ ale ochiurilor rețelei de distribuție a pinilor (figura 3.39), indiferent de soluția constructivă aleasă pentru partea de contact a pinilor cu tabla, se face pe baza unor modele matematice și a unor programe de calcul [Gav 2].

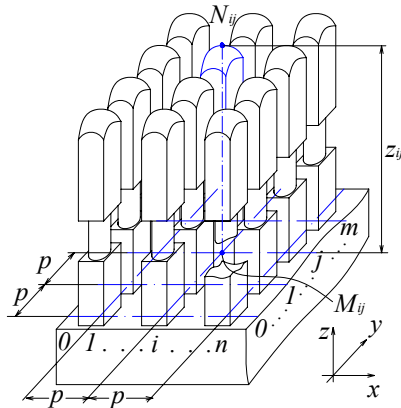


Fig. 3.39. Schema de distribuție a pinilor în rețea

- materialul. Dintre caracteristicile de material, grosimea este cel mai influent parametru asupra procesului de deformare. O grosime mică de material duce la apariția fenomenului de

imprimare a capului pinilor pe suprafața tablei cu efect negativ asupra calității piesei. La grosimi mai mari acest efect se diminuează, dar rămâne prezent. Ca urmare, în vederea obținerii unei forme corecte a tablei și a reducerii abaterilor de formă care rezultă în urma deformării, este necesar să se introducă între suprafețele active, a poansonului și a matriței și suprafața tablei, o membrană (interpolator) de cauciuc (figura 3.41). Grosimea acestui interpolator și modulul lui de compresiune au rol important în reducerea undulațiilor materialului dintre pini.

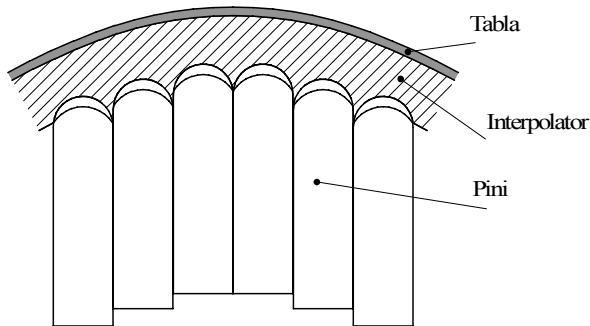


Fig. 3.41. Schema deformării cu pini folosind o membrană de cauciuc

- *forța de strângere*. Fiecare pin se sprijină de pini vecini, astfel încât sarcinile rezultate din presare vor fi transferate casetei de prindere, pini neavând nevoie de rigidizări suplimentare.

Se pot utiliza două metode de strângere a pinilor: cu fixare pe o direcție, cu fixare pe două direcții (figura 3.42).

În cazul general, forța minimă necesară prinderii pinilor, la fixarea pe o direcție, este dată de relația:

$$N = n \cdot \frac{F_a}{2 \cdot \mu_{static}} \quad (3.11)$$

unde: F_a este forța de deformare verticală; n – numărul de pini; μ_{static} – coeficientul de frecare dintre pini.

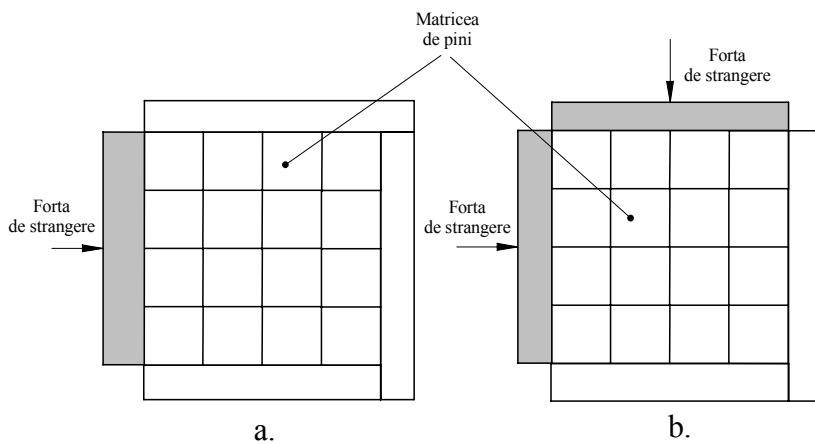


Fig. 3.42. Modalități de fixare a pinilor: a. fixare pe o direcție; b. fixare pe două direcții

Plecând de la datele prezentate mai sus, identificarea fluxului tehnologic de parametri necesari reconfigurabilității s-a realizat atât pe cale numerică cât și experimentală. De fapt, încercările experimentale au avut ca suport rezultatele simulărilor numerice.

Din multitudinea de parametri tehnologici pentru identificare s-au avut în vedere ca date de intrare:

- dispunerea pinilor în rețea;
- numărul acestora.

La identificarea numerică parametrii de ieșire urmăriți au fost:

- variația grosimii;
- mărirea revenirii elastice;
- starea de tensiuni și deformații.

La identificarea experimentală se va considera doar variația revenirii elastice. Cercetările experimentale sunt în curs de desfășurare și vor face obiectul unor publicații viitoare.

Pentru identificarea experimentală a fost proiectat și realizat un echipament prezentat în figura 3.43.

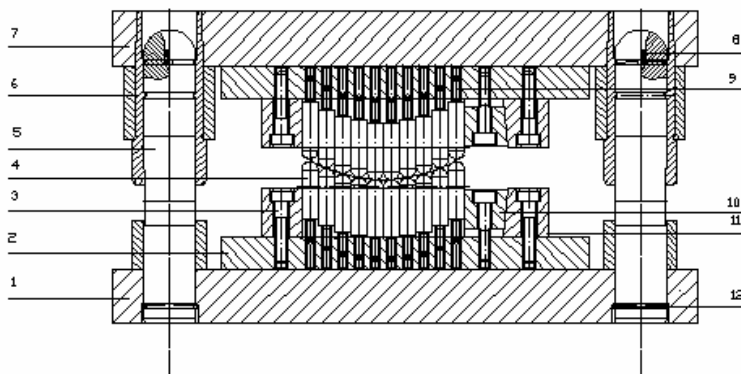


Fig. 3.43. Desen de ansamblu și matrița reconfigurabilă cu pini.

În figură este prezentată o matriță reconfigurabilă în poziție de lucru secționată. Pe placa de bază 1 este fixată placa de reglare 2. Pe placa de reglare 2 sunt fixate pana de strângere 10 și rigla de strângere 11 cu ajutorul șuruburilor 3 (M10x40). La desfăcerea acestor șuruburi pana de strângere, care are un plan înclinat, se deplasează permițând reglarea înălțimii pinilor de fasonare 4 (10x10) cu ajutorul tijelor filetate de reglare 9. Fiecare pin este deplasat de câte o tijă. Pe placa superioară 7 este

fixat ansamblu superior al matriței. Placa superioară culisează pe coloanele de ghidare 5 cu ajutorul bușelor de ghidare 6 care formează un ajustaj cu joc cu coloanele. Inelul de fixare 12 și dopul de pâslă 8 sunt elemente componente ale colanei de ghidare.

D. Simularea numerică a deformării unor caroserii cu pini reconfigurabili

Activitatea a urmărit două aspecte:

- simularea virtuală a procesului de deformare cu pini
- simularea numerică a procesului de deformare cu pini

o Simularea virtuală a procesului de deformare cu pini

S-a realizat un model virtual al procesului de deformare cu pini, utilizând mediul de proiectare SOLID EDGE. Modelul a presupus obținerea tridimensională a echipamentului tehnologic și realizarea unei animații pentru reglarea pinilor conform unei geometrii stabilite urmata de simularea procesului de presare pentru verificarea geometriei proiectate.

În figura 3.44 se prezintă echipamentul proiectat în mediul de programare SOLID EDGE.

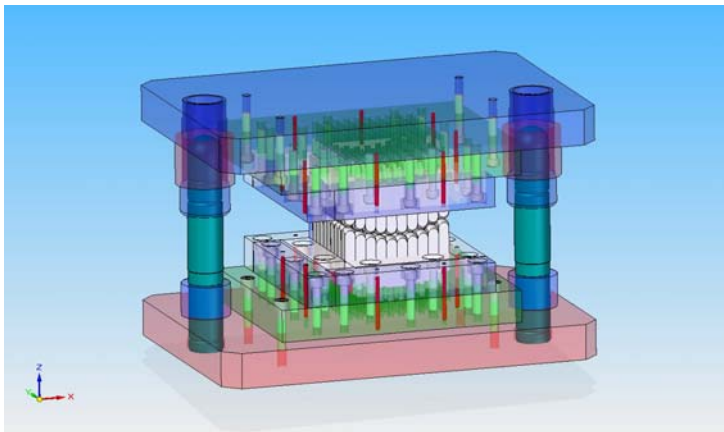


Fig. 3.44. Modelul 3D al matriței reconfigurabile cu pini.

o Simularea numerică a procesului de deformare cu pini

Simularea numerică s-a realizat pentru o piesă cu simplă curbură, având o rază interioară de 95 mm și o lățime de 120 mm. Semifabricatul necesar realizării acestei piese are dimensiunile 130 x 130 mm. Materialul piesei este o tablă din oțel cu rezistență medie având o grosime de 1 mm. Legea de comportare a materialului este de forma:

$$\sigma = K \varepsilon^n \quad (1)$$

Valorile caracteristice ale materialului sunt: exponentul de ecrusare $n = 0,22$; coeficientul de material $K = 648$ MPa. Valorile coeficientului de anizotropie R sunt următoarele: $R_{00} = 1,87$; $R_{45} = 1,27$; $R_{90} = 2,17$.

Simularea numerică a fost realizată în condițiile a patru scheme de lucru pentru a avea posibilitatea unei analize comparative a rezultatelor.

- a) deformare între două plăci, cu pini poziționați față în față;

- b) deformare între două plăci, cu pini poziționați decalat;
 - c) deformare între două plăci, cu suprafețele materializate complet de pini;
 - d) deformare între două plăci, cu ansamblul matriță-poanson continuu.
- Cele patru scheme de lucru sunt prezentate în figura de mai jos.

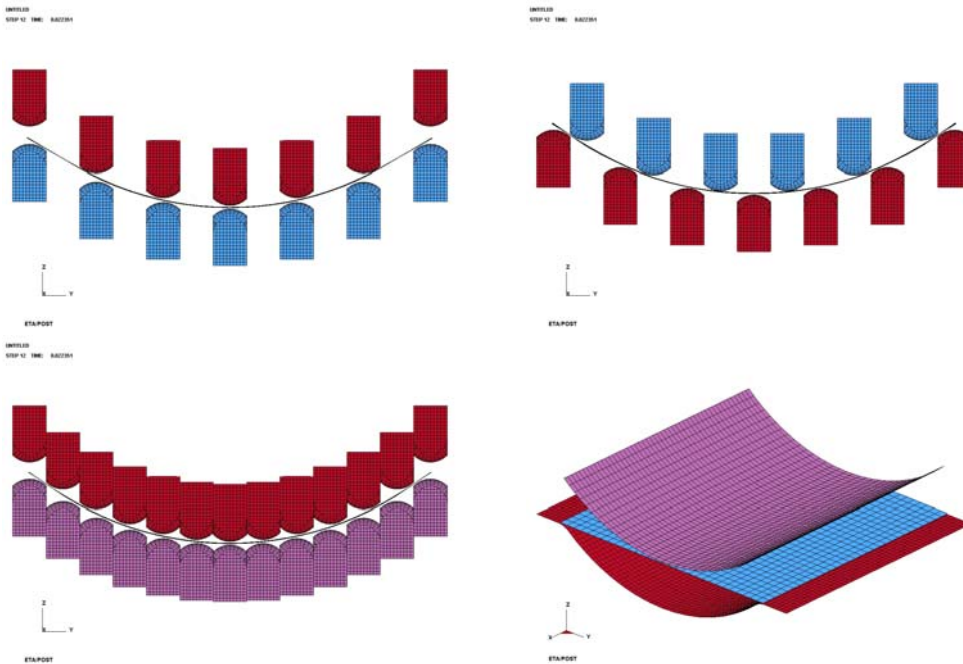


Fig. 3.44 Scheme de lucru în simularea numerică

Rezultatele simulărilor numerice au fost utilizate în capitolul 3.2 ca și în proiectarea matriței de deformare cu pini.

5.3.4 Acțiunile științifice și alte acțiuni întreprinse

Lucrări științifice

1. Ciocan O., Ghiță E., *Process and Tool for Machining of Small Size Spherical Surfaces*, Analele Universității “Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V., Tehnologii în construcția de mașini, anul XXIV(XXIX) 2006, ISSN-1221-4566, p. 76-79. (indexată BDI).

Abstract:

In the paper there are presented some peculiar items of manufacturing these sized inner spherical surfaces. It is presented an original designed process of such type of the surfaces. There are underlined the characteristics of the presented process, the details of the tool used as well as the main advantages offered by them.

Keywords: tool, spherical surfaces.

2. Brabie G., Ene F., Chirita B., *Configuration of the deep drawing tools based on an optimization system using neural network methods*, TSTM 12, Academia de Stiinte Tehnice, p. 66 -70, 2006.

Abstract:

Springback of draw parts considerably affects their accuracy and deviations from the theoretical profile. This instability phenomenon determines the following changes of the part shape and geometric parameters, arching of the part sidewall, modification of the angle formed by the part bottom and the sidewall, modification of the angle between the flange and the sidewall. The methods applied in order to reduce or eliminate springback arc based on tools correction after designing and testing, on the utilization of special tools and devices, on the optimization of process parameters based on some methods that establish a link among springback parameters and the influencing factors of this phenomenon. These methods are expensive and necessitate a big number of experimental tests. Based on these conclusions, it is necessary the development of a method for the reduction or the elimination of the springback effects from the designing stage of forming tools and process.

3. Brabie G., Chirita B., *Application of the neural network method in optimization of the drawing process of hemispherical parts made from metal sheets*, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Polish Academy of Sciences, vol. VI, no. 2, 87-92, 2006, (indexata **BDI**)
4. Brabie G., *Optimization system based on LMecA – Taguchi/Neural Network methods for the compensation of errors generated by springback in the case of drawparts made from metal sheets*, Proc. of IDDRG 2006 Conf. Porto, 346-351, (indexata **BDI**).

Abstract:

The present paper analyses the conditions and steps needed in the application of the LMecA - Taguchi's/Neural Network methods in the case of drawing processes. The optimization system based on the above mentioned methods, had as main purpose the optimization of the drawing tools geometry and process parameters by reducing or eliminating the springback effects.

Keywords: springback, hemispherical draw parts, tools correction, optimization system

5. Maier C., Kosmalski N., Banu M., Epureanu A., Paunoiu V., *Design of the virtual model of re-drawing process*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN 1221-4566, p.11 (indexata **BDI**).

Abstract:

This paper deals with the develop the finite element modelization of the re-drawing process in order to create his virtual model. The finite element is a method that permits to reduce the time and the cost in the designing. Then in a second time a good finite element model permit to avoid or complement laboratory characterization of material for re drawing. methodology for developing a laboratory inverse re-drawing device. The drawing process is performed in two phases: a direct drawing of a circular blank followed by a second reverse re-drawing phase on the same device.

A work is also done on the finite element model for the single deep drawing. This single deep drawing is used to validate the parameters of the numerical model. The main goal of this simulation is to define geometrical parameters of the process, in order to design a reverse re-drawing machine, and have the possibility in the future to compare experimental results and finite element results. The second goal is

the estimation of the blank reaction (ability to support the process), and eliminate as well the default obtain during the simulation.

Key words: finite element simulations, inverse re-drawing, strain path.

6. Maier C., Tabacaru V., Banu M., Bouvier S., Marinescu V., *Designing of a modular set of inverse re-drawing dies aided by FEM simulation*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, p.17 (indexata **BDI**).

Abstract:

This paper deals with the methodology for developing a laboratory inverse re-drawing device. The drawing process is performed in two phases: a direct drawing of a circular blank followed by a second reverse re-drawing phase on the same device.

Finite element simulations are carried out in order to i).define geometrical characteristics of the modular re-drawing device and to ii). estimate the punch force evolution for different dimensions of punch, die and blankholder and for a large class of materials. Based on such FEM simulations, springs for the developed reverse deep drawing device are dimensioned. The use of springs gives the possibility to deform the material with an imposed blank-holder force. Finally, a draw of the designed modular device is presented considering all the results of the finite element simulation.

Key words: finite element simulations, inverse re-drawing, strain path, modular device.

7. M. Banu, A. Epureanu, O. Naidim, *A new algorithm for springback prediction of the automotive body cars using artificial intelligence methods*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, p.41 (indexata **BDI**).
8. Banu M., Florescu M., Epureanu A., Marinescu V., *An econometric model of the body cars manufacturing*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, p.47 (indexata **BDI**).
9. Paunoiu V, Maier C., Epureanu A., Banu M., *Virtual compensation of springback in sheet metal deformation with multipoint reconfigurable die*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, p. 37, 2007, ISSN 1221-4566, p.59 (indexata **BDI**).

Abstract:

Forming with multipoint reconfigurable dies is a flexible manufacturing stamping technology which it uses discrete punches to materialize a continuous 3-D surface for these active elements. In the paper is presented an algorithm for springback compensation in deformation with multipoint reconfigurable die and the results of the virtual compensation of this phenomenon using the finite element method, as the central part of the proposed algorithm.

10. Maier C., Banu M., Paunoiu V., Epureanu A., *Sheet metal forming analysis with multipoint reconfigurable die using data mining technique*. În: **Reconfigurable Manufacturing Systems**-Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN 1221-4566, p.65 (indexata **BDI**).

11. Banu M., Naidim O., Epureanu, A., **Artificial Neural Network applied to the Extrusion Die Wear Prediction**, International Journal of Materials and Product Technology, ISSN (Online): 1741-5209 - ISSN (Print): 0268-1900, 2006 (indexata **ISI**).
12. Gavrus, M. Banu, E. Ragneau, C. Maier, V. Marinescu, **Identification of Material Parameters for Deep-Drawing Process Using An Inverse Analysis of the Erichsen Test**, Conferinta Internationala SIA2007, 24-25 octombrie 2007, Caen, Franta, (indexata **ISI**).
13. Ciocan Ovidiu, **Echipament Tehnologic Destinat Prelucrării prin Deformare Plastică Superficială a Suprafețelor Cilindrice Exterioare**, Lucrările T.M.C.R., Editura Tehnică a Moldovei, Chișinău, 2007, pag. 271- 275, ISBN 978-9975-45-035-5 (vol. 1).
14. Păunoiu Viorel, Spiridonescu Cornelia, Nicoară Dumitru, Epureanu Alexandru, **Researches regarding the deep drawing with combined restraint**, TMCR, Chisinau, 2007, pag. 279-284, ISBN 978-9975-45-035-5.
15. Paunoiu V., Nicoara D., Epureanu A., Maier C., Banu M., **Flexible stamping technology based on multipoint reconfigurable die**, ICMS 2007, Buletinul Institutului Politehnic din Iași 2007.
16. Banu M., Takamura M., Hama T., Naidim O., Teodosiu C., Makinouchi A., **Simulation of Springback and Wrinkling in Stamping of a Dual-phase Steel Rail-Shaped Part**, Journal of Material Processing Technology, Volume 173, Issue 2, 10 April 2006, Pages 178-184, Elsevier Science, ISSN 0924-0136, (indexata **ISI**).
17. Breaz R.E., Oleksik V., Bologa O., **Mechatronic Contouring System for Unconventional Sheet Metal Forming**, Proceedings of The 32nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society IECON'06, Paris, France, November 7-10, 2006, ISBN 1-4244-0136-4, ISSN 1553-572X, IEEE Catalog Number 06CH37763C, (indexata **ISI**).
18. Haddadi H., Bouvier S., Banu M., Maier C., Teodosiu C., **Towards an accurate description of the anisotropic behaviour of sheet metals under large plastic deformationsL Modelling, numerical analysis and identification**, International Journal of Plasticity, Volume 22, Issue 12, December 2006, Pages 2226-2271, Elsevier Science, ISSN: 0749-6419, (indexata **ISI**).
19. Banu M., Epureanu A., Maier C., **A new experimental scheme for a global evaluation of springback in advanced thin metal sheets forming**, Analele Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati, Fascicula V, Anul XIX (XXIV), 57, 2006, ISSN 1221-4566 , (indexata **BDI**).
20. Banu M., Epureanu A., Maier C., **Application of Data Mining in Springback Estimation of the Hat-Bending Parts**, Analele Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati, Fascicula V, Anul XIX (XXIV), 57, 2006, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).
21. Brabie G., Ene F., Chirita B., **Analysis by simulation of the springback effects on the part dimensions in the case of drawparts made from metal sheets**, TSTM 12, Academia de Stiinte Tehnice, p. 26 -31, 2006.
22. Brabie G., Ene F., Chirita B., **Blankholder force influence on the springback intensity in the case of hemispherical draw parts made from metal sheets**, TSTM 12, Academia de Stiinte Tehnice, p. 22-25, 2006.

23. Paunoiu V., Epureanu A., Nicoara D., Ciocan O., *A review of the sheet metal forming methods using reconfigurable dies*, Analele Universității “Dunărea de Jos” din Galați, 2006 .(indexata **BDI**).
24. Paunoiu V., Nicoara D., Maier C., Banu M., Epureanu A., *Design an experimental reconfigurable die for sheet metal forming*, Analele Universității “Dunărea de Jos” din Galați, 2006 , (indexata **BDI**).
25. Oleksik, V., Bologa, O., Racz, G., Deac, C, *Roughnes Control of Parts Obtained through Incremental Sheet Forming*, The 4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.
26. Gavan E., Paunoiu V., Modiga M. - *Cylindrical Thick Plate Forming with Reconfigurable Die-Punch Tool.*, Conferința internațională de comunicări științifice Tehnologii moderne. Calitate. Restructurare, Vol. 1, Universitatea Tehnică a Moldovei, pag. 400-403, ISBN 9975-9875- 4-0, Chișinău, Republica Moldova, 2005,

Abstract:

In the present, there are studies to forming thin steel plates with special equipments based on the “discrete die-punch” reconfigurable tooling concept. To study applicability of this forming process to cylindrical thick steel plates, the present simulation is carried out. The numerical study is made using FEM soft LS-DYNA. The geometrical modeling of the die-punch tool requests calculations for the characteristic profiles coordinates of working surfaces. A series of conclusions obtained from the numerical simulation are shown at the end.

27. Paunoiu, V., Nicoara, D., Spiridonescu, C., Epureanu, A. - *Virtual deep drawing process with combined restraint* , The 8th International ESAFORM Conference on Material Forming, Cluj-Napoca, Romania, April 27-29, 2005, pag. 333-336, (indexata **BDI**).

Abstract:

One of the methods for increasing the degree of deformation in the deep drawing of the cylindrical parts is the method with the combined restraint. The deep drawing process has two stages that take place on the same die. This combination assures a better control of the material flow. In the paper are presented the numerical simulations of this deformation technology using DYNAFORM software. The numerical results are compared with the ones obtained in the real case of deformation. The thickness distributions and the height of the products are the parameters used for comparison. It has been concluded the importance of the deformation method and of the simulation tool in terms of quality, development and production costs and time saving.

Keywords: deep-drawing, simulation, FEM, quality, virtual processing, sheet metal forming

28. Paunoiu V., Nicoara D., Lopez Cantera A. M., Higuera Arroyo P. – *Experimental researches regarding the forming limit curves using a reduced scale samples*, Analele Universității Dunărea de Jos din Galați, fasc. V, 2005, pag. 55-59, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).

29. Paunoiu V., Nicoara D., Lopez Cantera A. M., Higuera Arroyo P. - *Numerical simulation of forming limit curves using a reduced scale samples*, Analele Universității Dunărea de Jos din Galați, fasc. V, 2005, pag. 60-65, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).
30. Căpățînă, N., Mihăluță, M., Teodor, V., *The Profiling of the Abrasive Tools for the Continuous Sharpening of Hobbing Cutters with Shifted Teeth*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 102-104, (indexata **BDI**).
31. Banu M., Bouvier S., Paunoiu V., Epureanu A., Marinescu V., *A New Technique of Springback Prediction by Combining FEM Calculation and Artificial Neural Network*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 85- 90, (indexata **BDI**).

Abstract:

The study of deformability of metal sheets subjected to complex deformation states has become a topic of present interest; this fact is also a consequence of the emergence of new materials meant for auto bodies fabrication, whose forming processes imply knowledge about the influence of their modified mechanic characteristics on their behaviour during the deformation, and also on the quality of products. By predicting the quality of a formed product it is possible to evaluate the measure of the influence of its errors on the functioning of the final assembly the product belongs to. The paper presents a method to predict springback using the knowledge discovered and recorded after one experimental test is set up. The neural network method is used for prediction of the springback that offer a perfectible and dynamic model which can be enriched with new experimental or FEM simulation data.

Keywords: springback prediction, artificial neural network, experiment

32. Banu M., Naidim O, Paunoiu V, Maier C., Polanco S.M., Abia Nieto J.G., *QFD Application in an Automotive. Case Study*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 85- 90, (indexata **BDI**).

Abstract:

QFD (Quality Function Deployment) is a tool of planning that introduces the concept of quality, since the design and along all the productive and functional activities of the business, with the purpose to assure that they comply the needs of the customer. The paper presents case study of QFD application to the design of a bodywork (body car) manufactured in one car maker plant. The QFD is applied in this case to determine the priorities to be considered by the car makers in order to improve the customer satisfaction.

Keywords: quality function deployment, body car designing, case study

Inventii

1. *Metoda de ambutisare si masina reconfigurabila de ambutisat* - Dosar Nr. A 00576/13.08.2007.

Prezenta invenție se referă la o metodă de ambutisare și la o mașină reconfigurabilă de ambutisat a semifabricatelor sub formă de table subțiri, pentru realizarea unor piese spațiale, de configurație complexă, de tipul celor destinate caroseriilor auto.

Mașina conform invenției se caracterizează prin aceea că are o placă de reținere elastică și un circuit hidraulic care asigură o presiune suficient de mare pentru a crea o stare de tensiuni și deformații favorabilă în zona de contact dintre elementele active și semifabricat, forma suprafețelor active generate de elementele active de ambutisare poate fi modificată on-line în funcție de mărimea tensiunilor și deformațiilor din material până la obținerea formei finale a piesei ambutisate. Poansonul și placa de ambutisare, formează un subansamblu de construcție specială, reconfigurabil. Mașina este constituită din două subansamble, superior mobil și inferior fix. Cele două subansamble se ghidază prin intermediul unor coloane de ghidare. Subansamblul superior este acționat de un număr de cilindri hidraulici. Subansamblul inferior se sprijină pe o placă de bază. Cele două subansamble sunt identice din punct de vedere constructiv. Subansamblul superior materializează poansonul de ambutisare iar cel inferior placa de ambutisare. Pe cele două subansamble sunt montate două plăci de reținere elastice, prevăzute cu garnituri de etanșare. Asupra acestora se aplică forțe variabile cu ajutorul unor cilindri hidraulici de reținere. În interiorul plăcilor de reținere sunt poziționate elementele active discrete cu cap sferic, sub forma unor cilindri acționați hidraulic, care materializează suprafața activă de lucru și care se pot deplasa axial controlat. Elementele active sunt montate pe câte o placă de fixare. Placa de fixare, corpul, rețeaua de elemente active și cilindrii hidraulici de reținere, placa de reținere și semifabricatul formează o incintă în care este introdus agentul hidraulic sub presiune. Reconfigurarea plăcii active compuse din elementele active discrete constă în efectuarea unei deplasări axiale controlate, cu o mărime bine determinată, a fiecăruia în parte și conservarea poziției obținute în urma acestei deplasări. Pentru aceasta se folosește câte un circuit hidraulic pentru fiecare element activ, atât deplasarea cât și presiunea fiind comandate numeric.

2. Ciocan O., Epureanu A., Paunoiu V., Nicoara D., Banu M., Dima M., ***Echipament pentru ambutisare hidraulică reconfigurabilă*** - Dosar Nr. A 00850/2006.

Invenția se referă la un echipament pentru ambutisarea hidraulică a semifabricatelor sub formă de table subțiri, pentru realizarea unor piese spațiale, complexe ca formă, de tipul celor destinate caroseriilor auto.

Echipamentul pentru ambutisarea hidraulică reconfigurabil, conform invenției, este alcătuit dintr-un corp, 1, în interiorul căruia este montat subansamblul plăcii de ambutisare format dintr-un anumit număr de pini identici, 2, amplasați în placa de ghidare, 3, care poate fi realizată în două variante, în construcție monobloc sau în construcție multistrat. Pini, 2, au o parte de ghidare cilindrică, de secțiune redusă și o parte de sprijin cu secțiunea majorată și suprafața de capăt de forma sferică. Rigiditatea pinilor, 2, respectiv blocarea deplasării lor axiale și menținerea poziției, în timpul procesului de ambutisare, este asigurată prin turnarea unei rășini termoreactive, 4, (neaderentă la suprafețe metalice), în stare lichidă și solidificarea ei în spațiul creat prin montarea capacului, 5, la partea inferioară a echipamentului.

3. Paunoiu V., Epureanu A., Maier C., Ciocan O., Banu M., Marinescu V., ***Procedeu și echipament pentru controlul dimensional adaptiv al procesului de ambutisare cu matrice reconfigurabile*** – (in curs de brevetare)

5.3.5 Concluzii

1. S-a realizat o amplă cercetare bibliografică care a stat la baza stabilirii direcțiilor de cercetare în cadrul acestui contract;

2. S-au dezvoltat algoritmi pentru determinarea geometriei matricei de deformare cu pini și pentru stabilirea modului de compensare a revenirii elastice;

3. S-au efectuat o serie de simulări numerice care au stat la baza analizei procesului, la proiectarea matriței de deformare cu pini și la realizarea unei baze de cunoștințe;
4. S-a proiectat și realizat o matriță experimentală cu pini;
5. Folosind mediul de programare SOLID EDGE s-a realizat prototipul virtual al matriței și simularea procesului;
6. Pe baza experienței acumulate de colectiv s-au propus două brevete de invenții.

5.4. Sinteza unor noi tehnici de modelare a cinematicii sistemelor de profilare a sculelor generatoare

5.4.1 Premisele științifice și tehnice

Problematika ce face subiectul acestui obiectiv al proiectului se referă la aspecte legate de profilarea sculelor cu generatoare complexă, lucrând prin înfășurare, atât în cazul procedeelelor convenționale de așchiere, cât și în cadrul unor procese de prelucrare neconvenționale, pentru profilarea corectivă din punct de vedere geometric a acestora, precum și pentru reconfigurarea constructivă a sculelor în vederea îmbunătățirii performanțelor acestora din punct de vedere al consumului energetic.

Generarea suprafețelor prin înfășurare conduce la precizie de prelucrare ridicată și, de asemenea, la o productivitate, astăzi, acceptabilă, în condițiile existenței tehnologiei de concepere și execuție a unor scule de mare complexitate.

Profilarea sculelor pentru generarea vârtejurilor ordonate de suprafețe (în esență piese cu „dantură”) se face apelând la teoremele fundamentale ale înfășurării suprafețelor, aplicate în condițiile în care suprafețele se consideră nedeforabile, generarea prin înfășurare fiind o metodă cu un caracter deosebit de general [4.1], [4.2], [4.3], [4.4].

Analiza atentă a cunoștințelor domeniului relevă mai multe metode pentru abordarea problematicii înfășurării:

- Teoremele Gohman, ca metodă universală prin domeniul de aplicabilitate, dar cu probleme legate de manipularea unor sisteme analitice complexe;
- Metoda „distanței minime” ca metodă care permite și abordarea profilurilor cunoscute în formă discretă;
- Metoda „familiei de cercuri de substituire” care are avantajul unei exprimări grafice intuitive;
- „Metoda tangentelor” ca metodă analitică, aplicabilă în problemele profilurilor plane.

Problematika înfășurării suprafețelor este, în esență, o problemă tridimensională [4.5], [4.6], [4.7], [4.8], [4.9], [4.10], rezolvabilă și în unele cazuri particulare ca o problemă plană [4.11], [4.12].

Sinteza unei tehnici de tratare a suprafețelor în înfășurare ca o **problemă plană** constituie un obiectiv care să conducă la simplificarea substanțială a problematicii profilării sculelor generatoare, în condițiile reducerii efortului de calcul. Fundamentarea unei astfel de tehnici, în forma unei noi metode denumită „metoda traiectoriilor plane de generare” și a aplicațiilor acesteia în scopul generării unor noi tipuri de suprafețe (suprafețe cu evoluție continuă), precum și ca premisă a unei modalități de modelare a schemelor de așchiere la danturare, în scopul reconfigurării pe baze energetice a sculelor de danturat, constituie obiectul acestui capitol —OBIECTIVUL 4.

5.4.2 Activități operaționale desfășurate

1. Sinteza unei noi metode pentru modelarea înfășurării suprafețelor, aplicabile pe mașini care generează vârtejuri ordonate de suprafețe
2. Modelări ale unor suprafețe cu evoluție continuă în scopul reconfigurării unor mașini de rectificat
3. Modelarea suprafețelor generabile prin procedee neconvenționale reconfigurabile
4. Metode de modelare reconfigurării colective aplicabile pe mașini de danturat

5.4.3 Ideile cheie considerate. Modul de abordare.

A. Sinteza unei noi metode pentru modelarea înfășurării suprafețelor, aplicabilă pe mașini-unelte care generează vârtejuri ordonate de suprafețe

Elaborarea unei noi metode — Metoda traiectoriilor plane de generare — aplicabilă generării prin înfășurare a suprafețelor

Fundamentarea metodei

S-a enunțat teorema:

Înfășurătoarea unui profil asociat unei centroide aparținând unui cuplu de centroide în rulare este înfășurătoarea familiei de traiectorii descrise de punctele acesteia în spațiul asociat centroidei în rulare.

În acest fel, ecuațiile familiei de profiluri pot fi interpretate ca fiind traiectoriile punctelor aparținând profilului Σ , generate în mișcarea relativă a celor două centroide, vezi fig. 4.1.

Familia de traiectorii:

$$(\Sigma)_{\varphi} \begin{cases} \xi = \xi(u, \varphi_1); \\ \eta = \eta(u, \varphi_1). \end{cases} \quad (4.1)$$

permite determinarea înfășurătoarei, dacă ecuațiilor (4.1) i se asociază condiția:

$$\frac{\xi'_u}{\xi'_{\varphi_1}} = \frac{\eta'_u}{\eta'_{\varphi_1}}. \quad (4.2)$$

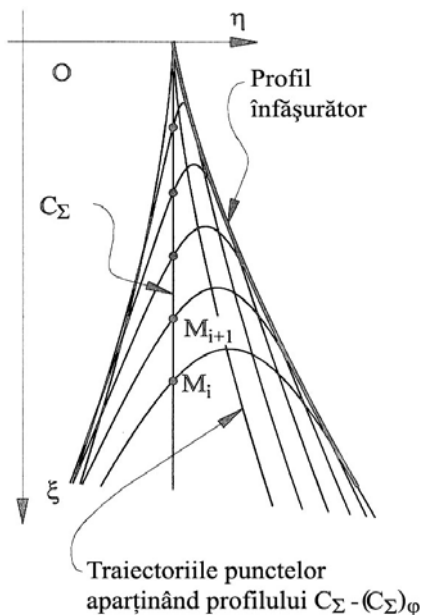


Fig. 4.1. Familia traiectoriilor punctelor aparținând profilului Σ

Astfel, se elaborează o metodică ce permite determinarea familiilor de curbe de tipul $(C_{\Sigma})_{\varphi}$, reprezentând traiectoriile ale punctelor de pe profilurile semifabricatelor sau poziții succesive ale unei curbe plane aparținând semifabricatelor, în mișcarea relativă față de sculă.

În mod similar, problema spațială a suprafețelor în înfășurare - problema de speța a II-a, (generarea vârtejurilor de suprafețe cu scula-melc) va primi o soluție în baza aceluiași principiu al înfășurătoarei unei familii de curbe plane.

Urmare a noii tehnici de modelare a înfășurării suprafețelor inițiată în cadrul proiectului s-au realizat dezvoltări pentru algoritmi de modelare a suprafețelor în înfășurare specifice mașinilor de danturat cu scule de tip roată.

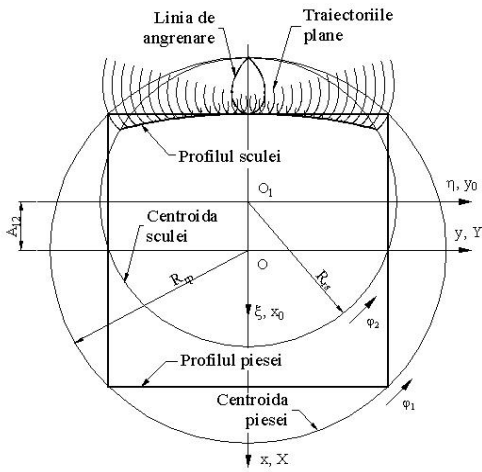


Fig. 4.2. Cuțit-roată pentru prelucrarea unei bucșe cu alezaj pătrat

Noua tehnică de modelare a înfășurării suprafețelor a fost dezvoltată, în mod specific, și pentru generarea prin înfășurare a suprafețelor elicoidale cilindrice și de pas constant cu scule mărginite de suprafețe periferice primare de revoluție, scula disc și scula cilindro-frontală.

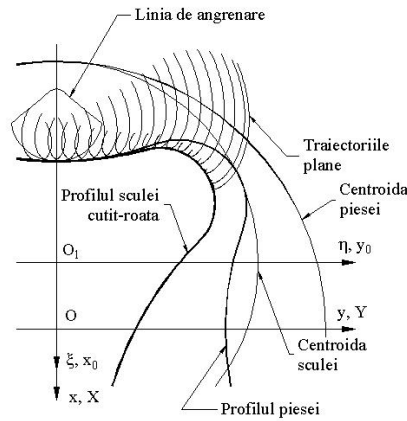


Fig. 4.3 Linia de angrenare și traectoriile plane

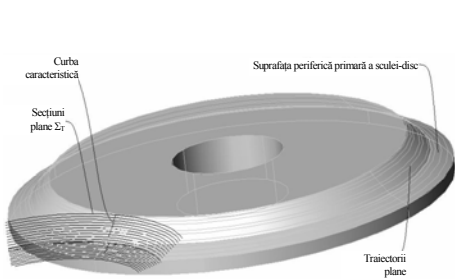


Fig. 4.4. Scula-disc pentru prelucrarea suprafeței elicoidale compusă

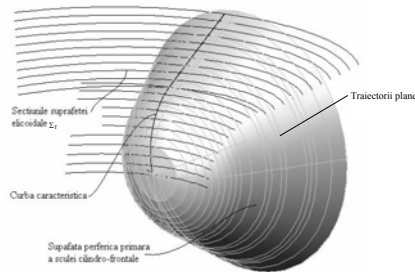


Fig. 4.4 Scula cilindro-frontală pentru prelucrarea suprafeței elicoidale compozite

Modelarea erorilor geometrice de generare a suprafețelor constituie altă dezvoltare a algoritmicii propuse.

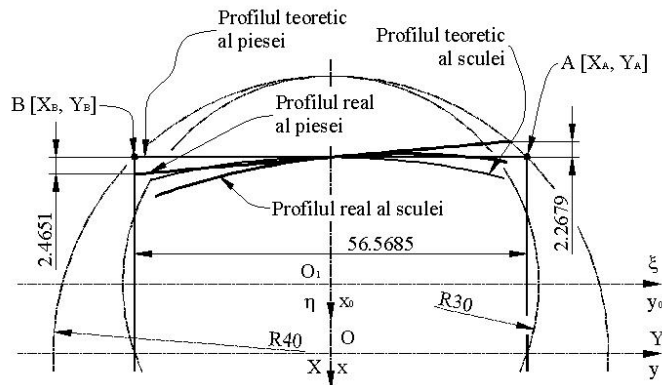


Fig. 4.6. Profilul real și teoretic al cuțitului-roată

Metodica, așa cum a fost elaborată în cadrul obiectivului, acoperă totalitatea problemelor legate de generarea suprafețelor și modelarea proceselor de profilare corectivă.

B. Metodă și procedeu de generarea a unor noi suprafețe cu evoluție continuă

Suprafețele cu evoluție continuă (suprafețe poliforme), de principiu sunt generabile prin mai multe procedee, pe mașini-unelte specializate sau cu echipamente dedicate.

Prin dezvoltarea unor aplicații ale metodei pentru modelarea înfășurării suprafețelor, din cadrul prezentului proiect, s-au putut modela, și ulterior, realiza fizic, pe baza unui echipament ce reconfigurează o mașină de rectificat rotund, o serie de suprafețe cu evoluție continuă, figura 4.7.

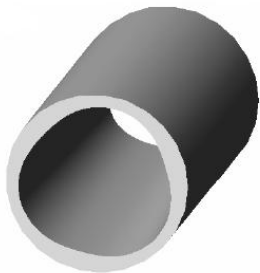


Fig. 4.7. Alezaj poliform

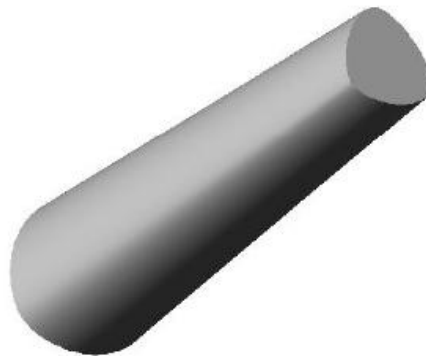


Fig. 4.8. Arbore poliform

S-au modelat principal erorile de generare, pentru ajustaje bazate pe acest tip de suprafețe.

S-au propus soluții constructive brevetabile, pentru reconfigurarea mașinii de rectificat rotund.

C. Metode de generare a suprafețelor prin procedee neconvenționale pe sisteme de prelucrare reconfigurabile

În cazul generării cinematice a suprafețelor pe sisteme de prelucrare computerizate reconfigurabile o mare influență asupra formei și dimensiunilor suprafețelor generate o au următoarele fenomene fizice:

- procesul de erodare a materialului electrodului real;
- variația dimensiunii, în timpul procesului, a interstițiului lateral.

Aceste două fenomene determină legi specifice de variație în timp a formei și dimensiunii suprafeței generatoare a electrodului real. Parametrii efectivi ai suprafeței generatoare a electrodului real sunt determinați de legile de variație în timp a uzurii electrodului în funcție de mărimea parametrilor tehnologici de lucru, specifici regimurilor de prelucrare electroerozive.

În cadrul obiectivului se exemplifică o metodă de modelare a suprafețelor, utilizând tehnica prelucrării cu electrozi masivi succesivi, în baza unui algoritm cu etape succesive de generare.

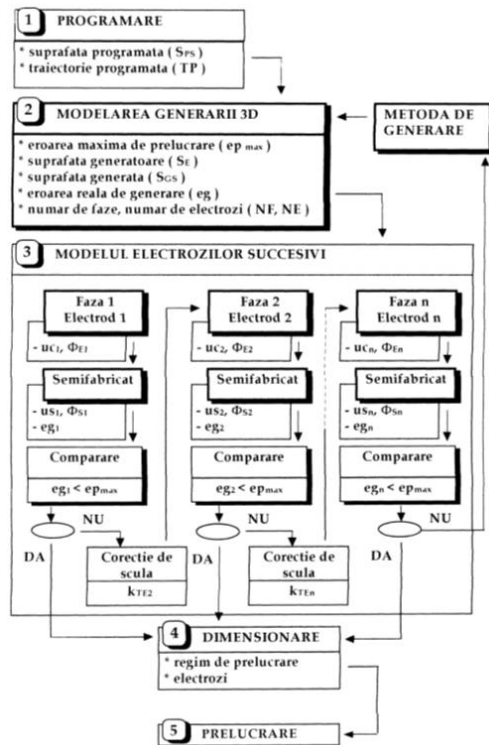


Fig.4. 9. Etapele algoritmului de modelare

Succesul obținut de carburile metalice este datorat naturii compoziției lor, care le asigură proprietăți mecanice de excepție, fapt care a condus la utilizarea lor pe scară largă la fabricarea sculelor pentru prelucrarea oțelului, lemnului și pietrei. Lucrarea prezintă o analiză calitativă a prelucrabilității carburilor metalice prin eroziune electrică cu electrod filiform.

Prin teste tehnologice s-a analizat influența tehnicilor de generare a suprafețelor asupra a două caracteristici tehnologice importante: viteza de eroziune și rugozitatea suprafețelor prelucrate.

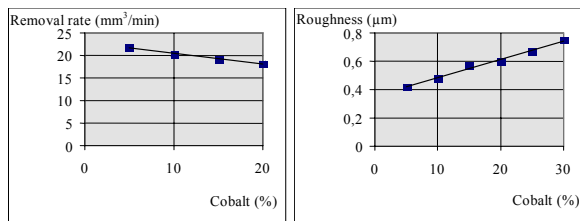


Fig. 4.10. Viteza de eroziune și rugozitatea suprafețelor

De asemenea s-a realizat o analiza structurala amănunțită a stratului superficial influențat termic și s-au determinat corelații între compoziția chimică a carburilor metalice studiate și structura și grosimea stratului superficial.

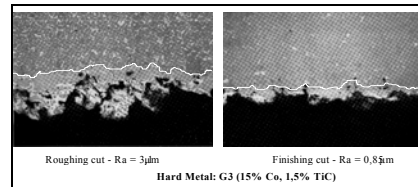


Fig. 4.11. Straturi superficiale

Studiu experimental:

Valentin Tăbăcaru, Alexandru Epureanu, Mihaela Banu, *Influența metodelor de generare a suprafețelor prin eroziune electrică asupra erorilor de prelucrare.*

Rezumat: Experimentele tehnologice au avut ca obiectiv studiul influenței metodelor de generare a suprafețelor asupra preciziei de prelucrare erozivă. Au fost analizate metode numerice de modelare a generării suprafețelor cu electrod masiv, respectiv cu electrod disc.

În cazul fiecărei metode s-a determinat experimental aportul parametrilor tehnologici și a celor de generare asupra erorii totale de proces. Rezultatele studiului experimental au fost sintetizate numeric și au avut la bază un algoritm de modelare conceput pentru acest studiu.

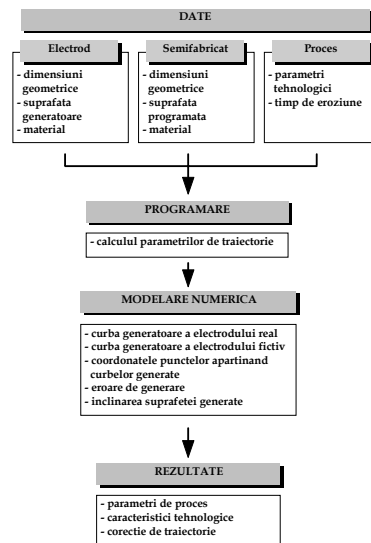


Fig. 4.12. Algoritm

De asemenea, studiul erorilor de generare s-a realizat pentru generare fără corecție de traiectorie, respectiv, cu corecția cinematică a traiectoriei de generare.

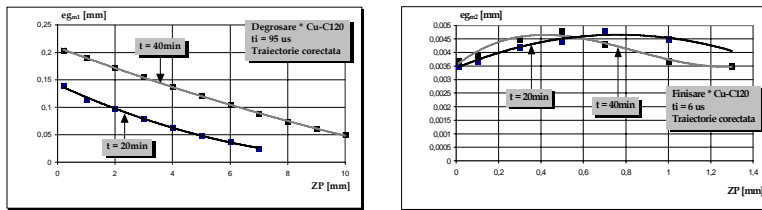


Fig. 4.13. Curbe experimentale pentru erorile de generare

D. Metodă de generare corectivă a vârtejurilor ordonate de suprafețe

Reconfigurarea sculelor pentru danturare pe mașini cu lanțuri cinematice de rulare, scule utilizate la generarea vârtejurilor ordonate de suprafețe, s-a realizat prin algoritmi specifici, în mediul AutoCad, în baza cărora se propune forme reconfigurabile ale sculelor de danturare, în scopul reducerii mărimii forței principale de așchiere.

Se acceptă, a modelarea proceselor de generare, dependența, presupusă proporțională, între mărimea ariei așchii detașate de tășurile sculelor așchietoare și mărimea forței principale de așchiere. În baza acestei supoziții, au fost realizate modelări ale schemelor de așchiere pentru procesele de generare în care sculele și vârtejurile de suprafețe generate sunt asociate unor cupluri de centroide în rulare. Modelele și algoritmică prezentate pot constitui căi de reconfigurare constructivă a sculelor (scula-cremalieră) în scopul îmbunătățirii pe criterii energetice a proceselor de danturare.

S-a imaginat, în baza modelării numerice, o nouă formă constructivă a sculei cremalieră.

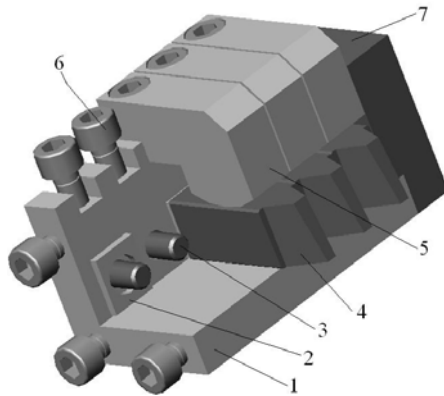


Fig. 4.14. Sculă cremalieră reconfigurabilă (1 – corp; 2- distantier; 3- știft de centrare, 4- dinte amovibil; 5- bridă; 6- șurub, 7-capac lateral)

Sculele cu construcție reconfigurabilă permit o modificare a schemei de așchiere în sensul diminuării mărimii ariei așchii odată detașate în planul de generare.

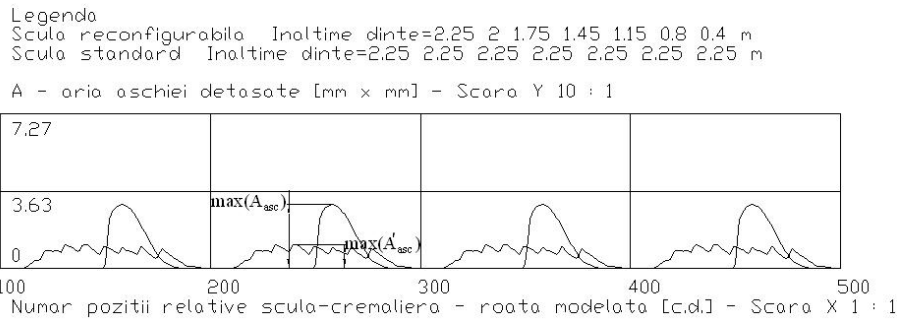


Fig. 4.15. Legea de variație a mărimii ariei aşchiei modelate în funcție de numărul de poziții relative a sculei-cremalieră — roată modelată
 (dantură exterioară; numărul de dinți ai sculei, $z_s = 7$; numărul de dinți ai piesei, $z_p = 40$; modulul, $m=4$; îndepărtarea adaosului de prelucrare la o singură trecere)

Modelarea procesului de generare evidențiază reducerea substanțială a mărimii ariei aşchiei detaşate la generarea cu scule convenționale (A_{asc}) față de cazul generării cu scula reconfigurată (A'_{asc}).

5.4.4 Actiunile stiintifice si alte actiuni intreprinse

A.Cercetari stiintifice intreprinse:

1. Dima, M., Oancea, N., Teodor, V., **Cutting Scheme Modeling at Generation by Rack-gear Tool Algorithms**, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi", Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructii de Masini, p.85-90,2006, ISSN 1582-6392.
2. Dima, M., Teodor, V., Oancea, N., **Cutting Scheme-Reconfiguration Criteria of the Rack-Gear Tool Reconfigurability. Solutions for Rack Gear Tool**, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi", 2006, Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructii de Masini, p. 97-104, ISSN 1582-6392.
3. Frumusanu, G., Oancea, N., **The Influence of Poles Choice on the Approximating Precision of Wrapping Profiles Given by Poles**, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi", 2006, Iasi, Tomul LII(LVI) ,Fasc. 5, A, Sectia Constructii de Masini, p. 123-16, ISSN1582-6392.
4. Frumusanu,G., Oancea, N., Dura, G., **Applications of Representation by Poles as a Way to Approximate Wrapping Curves of Profiles Associated to Rolling Centroids**, Proceedings of the International Conferences on Manufacturing Systems ICMaS 2006, Editura Academiei Romane, p. 303-306, ISSN: 1842-3183, (indexata BDI).
5. Gîrjob C., Bologa O., Racz G., **Determination Methods Of The Formability Of Metallic Material With Low Plasticity**, Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS2006, Published by Editura Academiei Romane, University POLITEHNICA of Bucharest, Machine and Manufacturing Systems Department, Bucharest, Romania, 26 - 27 October, 2006 ISSN 18

6. Oancea, N., Frumusanu, G., Dura, G., *Algorithms for Representation by Poles as a Way to Approximate Wrapping Curves of Profiles Associated to Rolling Centroids*, Proceedings of the International Conferences on Manufacturing Systems ICMS 2006, Editura Academiei Romane, p. 319-322, ISSN 1842-318, (indexata BDI).42-3183, (indexata BDI).
7. Epureanu, Al., Teodor, V., Dima, M., Oancea, N., *A Reconfigured Rack-Tool for Generation of Gears*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare (indexata ISI).
8. Cuzmin, C., Cuzmin, G., Epureanu, Al., *Internal Gear Cutting Generation with Toroidal Hob*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare (indexata ISI).
9. Oancea, N., Mihăluță, M., Teodor, V., *Approximation of the Gear Cutter Profile Used in the Generation of Interior Polyform Surfaces*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566; (indexata BDI).
10. Cuzmin C., Cuzmin G., *Involute profile internal cylindrical teeth worm hob rolling generation*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221 4566, pag. 85- 90, (indexata BDI).

Abstract:

The involute profile internal cylindrical teeth worm hob rolling generation materializes, in the generation plane, the rolling between the externally toothed cylindrical generating gear profile and the internally toothed cylindrical generating gear profile

Keywords: internal worm hob, cylindrical gearing

11. Dima M., *An Algorithm Applied to the Design of Centering and Fixing Devices.*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 79- 85, (indexata BDI).

Abstract:

Making use of hydro-plastic centering and fixing devices significantly increases the accuracy of the mechanical machining of even mild material pieces. The paper describes the program which based on the input data can size and finally provide the assembly drawing of the hydro-plastic device.

Keywords: devices, hydro-plastic.

Brevetarea rezultatelor stiintifice:

1. Cuzmin C., Epureanu A, Cuzmin G., Banu M., Marinescu V., Oancea N., *Freza-melc modul toroidala pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare si exterioare cu dinti drepti si inclinati* - Dosar Nr. A 00254/12.04.2007

Rezumat:

Invenția se referă la problema identificării geometriei procesului de generare a roților cilindrice cu profil evolventă, dințate interior sau exterior, cu dinți drepti sau înclinați cu diferite mărimi ale deplasării de profil. Rezultatul identificării este un model cinematic al procesului de generare prin

frezare cu freza-melc și o construcție de freză-melc toroidală care, împreună cu o mașină de frezat danturi cilindrice prin rulare, permite materializarea modelului cinematic. Construcția frezei melc satisface dezideratul de a fi convertibilă și deci utilizabilă în cazul unor mașini unelte reconfigurabile.

Freza-melc modul toroidală pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare și exterioare este formată dintr-un corp pe care dinții sunt dispuși pe o elice toroidală cu pas unghiular constant și a cărei directoare este un arc de cerc, în planul de degajare profilul dinților este evolventă și este generat prin rulare cu o cremalieră generatoare, unghiul de așezare principal se obține prin detalonare radială în raport cu centrul directoarei care este în arc de cerc, unghiul de așezare lateral în lungul dintelui se obține prin variația grosimii dintelui datorită modificării continue a mărării deplasării de profil în procesul de detalonare.

Este cunoscută freza-melc la care profilul unui dinte central copiază profilul golului dintelui roții cilindrice dințate interior, ceilalți dinți au o formă aproximativă și au rol de degroșare. Mai este cunoscută freza-melc pentru danturat roți cilindrice dințate interior la care profilul evolventă al dinților este pe fața elicoidală de degajare și care este normală pe elicea de dispunere a dinților.

Dezavantajele acestor freze-melc cunoscute constau în aceea că:

- prelucrează prin copiere numai dantura pentru care a fost proiectată;
- generarea greoaie a profilului evolventă al dinților frezei-melc pe suprafața de degajare elicoidală;
- precizie redusă a profilului generat.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în construcția unei freze-melc care să genereze prin rulare roți cilindrice dințate interior sau exterior cu profil evolventă, având număr diferit de dinți, diferite mărimi ale deplasării de profil, cu dinți dreți sau înclinați.

Freza-melc toroidală înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că dinții cu profilul evolventă sunt dispuși pe o elice toroidală a cărei directoare într-un plan înclinat în raport cu axa frezei-melc este arcul cercului de divizare al unei roți generatoare imaginare, profilul evolventă al dinților este în planul directoarei, unghiul de așezare lateral în lungul dintelui se obține prin variația grosimii dintelui în lungul său, datorită variației continue a mărării deplasării de profil și rezultă în procesul de generare cu profilul cremalierii generatoare.

2. Epureanu A., Dima M., Teodor V., Eugen G., Oancea N., **Dispozitiv pentru realizarea arborilor poliformi cu aplicatie la masinile reconfigurabile** - Dosar Nr. A 00575/13.08.2007

3. Dima M., Epureanu A., Teodor V., Oancea N., **Cuțit roata pentru danturare** - Dosar Nr. A 00982/2006

Rezumat:

Prezenta invenție se referă la un cuțit-roată cu dinți dreți pentru danturarea roților dințate prin mortezare.

Sunt cunoscute cuțite-roată monobloc, cu dinți dreți și profil evolventic, la care dimensiunile dinților în secțiunea de referință sunt determinate de modulul roții de danturat.

Dezavantajele acestor cuțite-roată constau în aceea că sunt scule destinate unei familii de roți dințate de același modul, care lucrează după o schemă de așchiere neoptimizată, care conduce la o mare neuniformitate a mărării forței principale de așchiere la danturare; de asemenea uzura sau distrugerea accidentală a unui dinte compromite utilizarea sculei, micșorând durabilitatea totală a cuțitului-roată.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în diminuarea mărării forței de așchiere la danturare prin realizarea unui cuțit-roată cu dinți amovibili și geometrie modificată.

Cuțitul-roată, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că, în scopul diminuării mărării forței principale de așchiere la danturare și creșterii durabilității totale a sculei are dinți tăietori individuali și amovibili, cu față frontală activă evolventică, scurtați radial după o lege

prestabilită prin modelarea numerică a procesului de danturare, și montați rigid pe un corp comun în poziții corespunzătoare pasului circular al danturii.

Cuțitul-roată conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- asigură o lege de variație a mărimii ariei așchii detașate care permite o reducere a mărimii maxime a forței principale de așchiere;
- posibilitatea schimbării individuale a dinților uzați sau distruși accidental;
- construcția asigură o utilizare rațională a oțelurilor de scule, din care se realizează numai dinții amovibili ai sculei;
- pe același corp al sculei se pot monta seturi de dinți cu geometrie frontală diferită, realizându-se astfel un cuțit-roată cu geometrie reconfigurabilă;

4. Epureanu A., Dima. M., Constantin E., Capatana N., *Scula-melc pentru danturare* - Dosar Nr. A 00983/2006

Rezumat:

Invenția se referă la o sculă-melc pentru prelucrarea roților dințate evolventice cu dantură exterioară.

Sunt cunoscute sculele-melc monobloc, cu dinți dispuși uniform pe o elice cilindrică de pas constant, care materializează în mișcarea de rulare cremaliera de referință; de asemenea, sunt cunoscute sculele-melc FREDAROM cu dinți amovibili ce au drept scop reducerea neuniformității mărimii instantanee a ariei așchii detașate și, implicit, a mărimii forței de așchiere.

Dezavantajele acestor scule constau în aceea că nu permit optimizarea schemei de așchiere în funcție de numărul de dinți ai roții prelucrate, conducând la o mare neuniformitate a mărimii instantanee a ariei așchii detașate, cu repercusiuni directe asupra neuniformității mărimii forței de așchiere la danturare și a durabilității sculei.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în uniformizarea variației mărimii forței de așchiere la danturare prin realizarea unei freze-melc cu dinți amovibili dispuși neuniform în lungul unei elice cilindrice.

Scula-melc, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că, în scopul uniformizării mărimii forței de așchiere și creșterii durabilității sculei, dinții așchietori succesivi, cu aceeași formă și dimensiuni, sunt poziționați neuniform în lungul unei elice cilindrice, după o lege prestabilită prin modelarea numerică a mărimii instantanee a ariei așchii detașate, permițând astfel optimizarea schemei de așchiere în funcție de numărul de dinți ai roții prelucrate, asigurând capacitatea de reconfigurare a sculei.

Scula-melc, conform invenției, prezintă și alte avantaje precum:

- dinții amovibili pot fi montați în oricare poziție în locașurile de pe corp, astfel dinții uzați pot căpăta funcții de degroșare;
- numai dinții amovibili se realizează din oțeluri de scule, asigurându-se astfel o utilizare rațională a materialului de scule;
- uniformizarea mărimii forței de așchiere datorată modificării schemei de așchiere permite intensificarea regimurilor de lucru.

5. Epureanu A., Dima M., Teodor V., Oancea N., *Cuțit-pieptene pentru danturare* - Dosar Nr. A 00706/2.11.2006.

Rezumat:

Invenția se referă la un cuțit-pieptene, cu dinți repositionabili, pentru prelucrarea prin rulare a roților dințate cilindrice, cu dantură exterioară.

Sunt cunoscute cuțite-pieptene monobloc, cu unul sau mai mulți dinți, cu geometrie identică, ce materializează, în mișcarea de așchiere, cremaliera generatoare.

Mai sunt cunoscute cuțite-pieptene pentru danturare cu dinți având muchiile de așchiere armate cu carburi metalice, în scopul măririi durabilității sculei.

Dezavantajele acestor scule pieptene pentru danturare constau în aceea că sunt scule destinate prelucrării unei familii de roți dințate, de același modul, lucrând după o schemă de așchiere care nu poate fi modificată, conducând la o mare neuniformitate a mărimii ariei așchierii detașate, în cadrul unui ciclu de rulare cu repercusiuni directe asupra neuniformității forței principale de așchiere la mortezare.

Cuțitul-pieptene, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că în scopul îmbunătățirii uniformității mărimii forței de așchiere și creșterii durabilității sculei, dinții așchietori succesivi, realizați sub forma unor cuțite simple independente, sunt poziționați, în raport cu dreapta de divizare a cremalierii generatoare, permițând, astfel, modificarea schemei de așchiere, astfel că unii dinți realizează numai degroșarea gurilor succesive ale dinților roții prelucrate, uniformizând mărimea forței principale de așchiere, în cadrul unui ciclu de rulare. Cuțitul-pieptene, conform invenției, prezintă și alte avantaje precum:

- cuțitele individuale pot fi montate în oricare poziție pe corp, astfel cuțitele uzate, pot căpăta funcții de degroșare;
- uzura unui cuțit individual nu influențează precizia generării flancului evolventic;
- urmărindu-se o anumită reducere a mărimii forței de mortezare, poate fi stabilit numărul minim de cuțite individuale, în funcție de numărul de dinți ai roții prelucrate;
- construcția asigură o utilizare rațională a oțelului rapid din care se realizează numai partea activă a sculei.

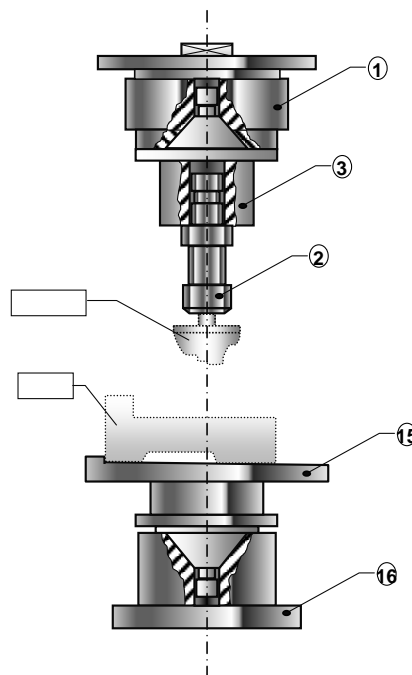
6. Tabacaru V., Banu M., Marinescu V., Maier C. - *Sistem modular de dispozitivare EDM* - Dosar Nr. A 00253/12.04.2007.

Rezumat:

Invenția se referă la un sistem modular de dispozitivare a electrozilor și pieselor pe mașinile universale de prelucrare prin eroziune electrică EDM.

Sistemul de dispozitivare, conform invenției, este format dintr-un dispozitiv port-electrod și un dispozitiv port-piesă. Dispozitivul port-electrod este conceput în sistem modular dintr-un modul de bază (1), care se fixează pe capul de lucru al mașinii, module port-electrod (2), utilizate pentru centrarea-fixarea electrozilor de dimensiuni mici cu formă geometrică simplă, și module port-electrod (3), utilizate pentru centrarea-fixarea electrozilor de dimensiuni medii cu formă geometrică complexă.

Dispozitivul port-piesă este conceput în sistem modular dintr-un modul de bază (16), care se fixează pe masa de lucru a mașinii și paleta port-piesă (15), utilizată pentru centrarea-fixarea pieselor metalice de dimensiuni medii.



Realizarea de produse software:

1. Program INFA.LSP – soft destinat profilării sculelor reconfigurabile care generează prin aşchiere;

A fost elaborat programul de calcul INFA (ÎNFĂşurătoare a traiectoriilor plane) destinat profilării asistate de calculator a sculelor aşchietoare.

Programul cuprinde două părţi distincte, prima fiind destinată profilării sculelor ce prelucrează prin rulare (scula-cremalieră, cuţit-roată şi cuţit rotativ), iar cea de a doua profilării sculelor pentru generarea suprafeţelor elicoidale (scula cilindro-frontală, scula-disc şi scula cilindrică). Fiecare dintre aceste părţi are un meniu propriu care se inserează în meniul de bază al programului AutoCAD şi care permite lansarea diferitelor comenzi necesare rulării programului.

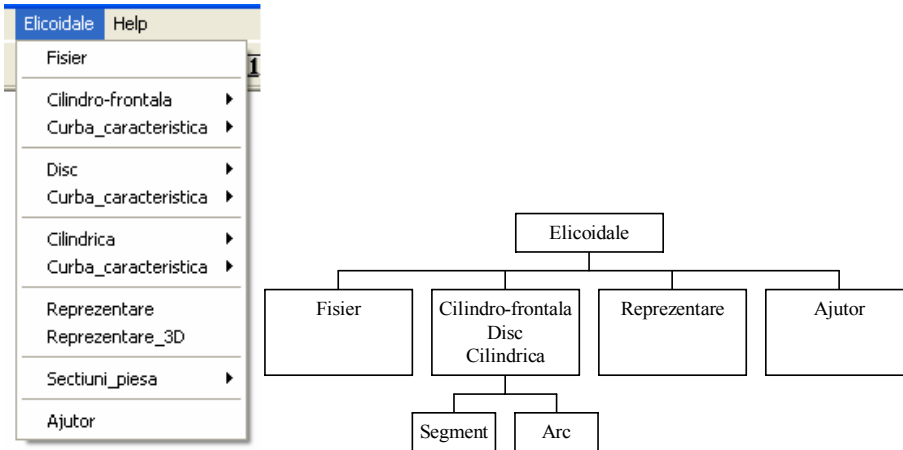


Figura 4.16

2. Program PSGR.HTML – soft destinat analizei sculelor tip cremalieră, cuţit-roată şi cuţit rotativ.

Prima pagină HTML propune utilizatorului alegerea cu ajutorul butonului stânga al mouse-ului a modului de realizare a prelucrării, respectiv dacă va fi vorba de o prelucrare cu o sculă-cremalieră, cu un cuţit-roată sau cu un cuţit rotativ, vezi figura 4.17.

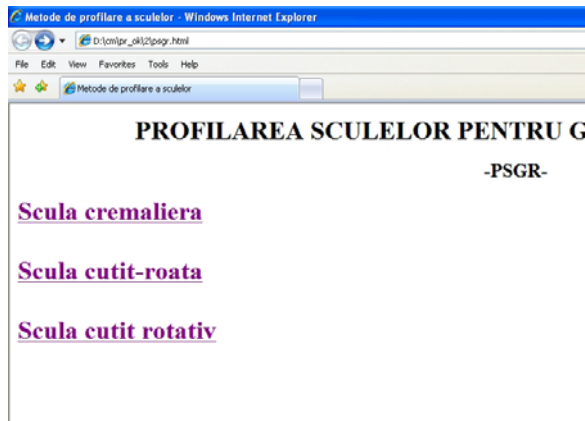


Figura 4.17

3. SOL_PL.PAS - Produs soft dedicat modelării unor suprafețe cu evoluție continuă generabile cu un solid plan
4. SOL_CIL.PAS - Produs soft dedicat modelării unor suprafețe cu evoluție continuă generabile cu un solid cilindric

Efecte multiplicatoare:

1. Căpățînă, N., Mihăluță, M., Teodor, V., *The Profiling of the Abrasive Tools for the Continuous Sharpening of Hobbing Cutters with Shifted Teeth*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 102-104;

Abstract:

In this paper, are presented simplified methods for the profiling of the second-order tools used for the continuous generation of the back surfaces of the worm hob with shifted teeth.

The solving of the technical problems related to the profiling of the abrasive tools used for the continuous generation of the back surfaces of the worm tool's teeth has led to the replacement of the theoretical second-order tool with a ruled revolution surface.

The technological solutions for the approximation of the suggested abrasive tools's profile, of disc or end mill type, show the fact that the size of the approximation error is very small and can be technically accepted.

2. Căpățînă, N., Mihăluță, M., Teodor, V., *Module Worm Cutter with Active Surfaces Generated by Continuous Sharpening*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2007, în curs de publicare;

Abstract:

First circles arc relieved tools, showed in the technical specialized literature, starting with 1953, was the worm cutter with detachable rack-gear and the profiled side mill. At these tools, the machining of curve surface with optimized back angle is made by a continuous grinding on universal sharpening machines, on grinding machines or on profile grinding machines. In order to allow this, the detachable teeth or rack gear are rotated with the crossing back angle, getting a position appropriate for sharpening. After sharpening, by rotating and fixing the teeth in working position, the cutting angles needed are obtained.

Another solution is the sharpening and re-sharpening of rack-gear by mounting these in “false bodies” (special devices). After the back faces are grinding, the detachable rack gear or teeth are mounted in the worm cutter body, resulting the needed back angle.

The module worm cutter constructive variants with individually teeth, mounted in conical bore, allow the shifted teeth position regarding the conventional position from the standard worm cutter, assuring better cutting conditions and teething precision. The improvement of this worm cutter allows the continuous teeth grinding, assuring the machining precision for toothed wheel, in condition of keeping the advantages obtained by teeth displacement. The teeth back surface generation is made directly on the tool body by helical continuous sharpening.

5.4.5 Concluzii

1. S-a realizat sinteza unei noi metode pentru studiul suprafețelor reciproc înfășurătoare (metoda traiectoriilor plane de generare), care permite abordarea proceselor de înfășurare plană precum și a proceselor de înfășurare spațială, dovedindu-se astfel universalitatea metodei.
2. S-a realizat o metodologie generală pentru modelarea schemelor de așchiere la generarea cu scule ce lucrează prin înfășurare prin metoda rulării. Metodologia permite stabilirea legității de variație a mărării ariei așchiilor detașate de dinții sculelor care generează prin înfășurare, prin metoda rulării.
3. În baza metodei de modelare a schemei de așchiere, s-a conceput o nouă sculă cremalieră, cu comportare îmbunătățită în așchiere —scula-cremalieră cu geometrie reconfigurabilă.
4. Experimental s-a analizat influența tehnicilor de generare a suprafețelor asupra a doua caracteristici tehnologice importante: viteza de eroziune și rugozitatea suprafețelor prelucrate la procedeele de prelucrare electroerozive determinându-se corelații între compoziția chimică a materialelor pieselor generate și structura și grosimea stratului superficial al acestora.
5. S-a elaborat un produs soft în baza metodei traiectoriilor plane de generare pentru profilarea sculelor de tip cremalieră generând prin înfășurare precum și pentru profilarea sculelor mărginite de suprafețe de revoluție, generatoare a suprafețelor elicoidale cilindrice și de pas constant.
6. S-a elaborat un produs soft pentru alegerea metodei de profilare a sculelor în vederea profilării corective a sculelor pentru procedeele de danturare cu scule de tip cremalieră.
7. S-a elaborat un produs soft pentru determinarea schemei de așchiere la generarea cu scula cremalieră reconfigurabilă a danturilor evolventice cilindrice exterioare.

5.5 Realizarea unui demonstrativ de functionare virtuala a unui sistem de fabricatie reconfigurabil

5.5.1 Premize

Proiectul a avut ca obiectiv general conceperea unei noi generatii de sisteme tehnologice reconfigurabile, care sa reprezinte un prim pas in directia noilor orientari conceptuale si se bazeaza pe urmatoarele idei cheie:

- Arhitectura hardware a sistemelor tehnologice reconfigurabile se bazeaza pe cuplarea intr-o constructie unitara a unui numar de module, adecvat selectate, astfel incat respectiva constructie sa permita executarea operatiei de prelucrare necesara. Caracteristicile acestor module sunt: *i*) universalitatea, *ii*) convertibilitatea, *iii*) integrabilitatea, *iv*) scalabilitatea, *v*) diagnozabilitatea.
- Arhitectura software, spre deosebire de cea hardware, trebuie sa aiba o structura unitara, care sa sustina intreaga cazuistica aparuta ca urmare a reconfigurarii hard a sistemului tehnologic.
- Monitorizarea trebuie sa se bazeze pe senzori incorporati in modulele sistemului si sa fie extinsa la nivelul tuturor componentelor acestuia: masina, scula, dispozitiv, piesa.
- Programarea sistemului tehnologic reconfigurabil trebuie sa reprezinta un input informational care sa contina parametrii produsului (inclusiv deviatii tolerate ale acestor parametri), si nu parametrii de functionare ai mecanismelor masinii.
- Conducerea sistemului tehnologic trebuie sa integreze aspectele tehnice cu cele economice si comerciale, si sa permita, prin functionarea virtuala a sistemului tehnologic, prognozarea functionarii reale a acestuia, in scopul conducerii preventive si optimale a procesului de prelucrare.

Scopul demonstrativului de functionare virtuala este de a reproduce virtual un sistem reconfigurabil real si de a demonstra valabilitatea algoritmilor pentru rezolvarea aspectelor cheie ce stau la baza arhitecturii sistemului de comanda a masinilor tehnologice reconfigurabile, conceputi in cadrul proiectului.

Aceste aspecte cheie sunt:

i) *programul piesa da informatii cu privire la cerintele care trebuie sa le respecte produsul*, si nu la succesiunea de configuratii cinematice ale masinii prin care trebuie sa treaca pentru a derula operatia curenta;

ii) *restrictiile specifice* (de exemplu cele impuse de rezistenta muchiei taietoare, de stabilitatea procesului, de rezistenta sistemului in ansamblu, de rugozitatea suprafetei rezultate) se implementeaza online, in scopul de a utiliza in intregime capabilitatile sistemului;

iii) programarea este una *optimala* in sensul ca, in functie de profilul real, si nu nominal al suprafetei initiale, de profilul real al sculei, masurat, si nu nominal al acesteia, se determina traiectoria programata a sculei si valorilor parametrilor procesului; in plus optimizarea se face online, de-a lungul traiectoriei discretizate a sculei.

5.5.2 Activitati operationale desfasurate

Pentru realizarea unui demonstrativ de functionare virtuala a unui sistem de fabricatie reconfigurabil au fost desfasurate urmatoarele activitati operationale:

1. Algoritm de functionare virtuala a unui sistem de fabricatie reconfigurabil pentru caroserii auto.
2. Realizarea/experimentarea unui demonstrativ pentru functionarea virtuala a unui sistem de fabricatie reconfigurabil.

5.5.3. Sistemul reconfigurabil de fabricatie

Pentru exemplificarea metodologiei de proiectare a controlerelor, prezentată, cu ajutorul sistemului software SimConPetri, se alege un sistem de fabricație reconfigurabil format din următoarele componente principale : două intrări, două ieșiri, cinci mașini-unelte, două buffere, trei roboți și două vehicule ghidate automat (AGV) cum este arătat în figura 5.1.

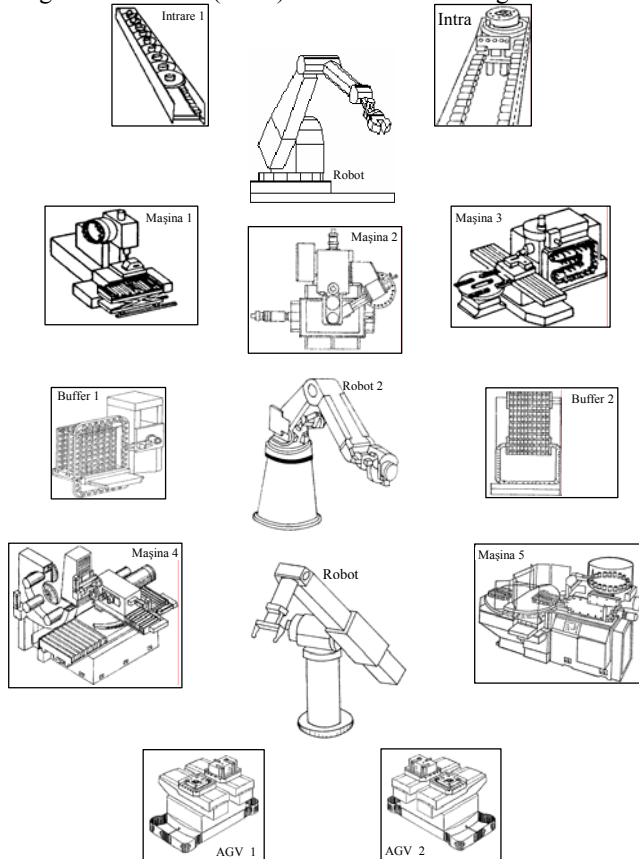


Figura 5.1 Structura organizatorică a SRP

Structura organizatorică și specificația funcționării

Intrări : Sistemul este alimentat cu două tipuri de semifabricate P1 și P2 de la alte unități funcționale ale SFF. Fiecare semifabricat este fixat pe o paletă.

Ieșiri : Sunt două ieșiri pentru piesele finite, procesul de evacuare fiind executat cu ajutorul AGV.

Mașinile: Fiecare din semifabricatele P1 și P2 au posibilitatea de a fi prelucrate în primul proces pe fiecare din mașinile M1, M2, M3.

Roboții:

Robotul 1 încarcă mașinile M1, M2, M3 de la intrările semifabricatelor paletate P1 și P2.

Robotul R2 descarcă mașinile M1, M2, M3 transferând piesele prelucrate intermediar pe unul din bufferele B1 și B2. Robotul R2 încarcă piesele depozitate în bufferele B1, B2 pe una din mașinile M4, M5.

Robotul R3 descarcă mașinile M4 și M5 și transferă piesele pe unul din AGV-urile de la ieșire.

Bufferele 1 și 2 sunt zone tampon pentru mașinile M4 și M5.

Sistemul AGV este format din două AGV-uri pentru transportul pieselor finite la ieșire, depaletizarea pieselor și recircularea paletelor goale la intrare.

Se admite că unitățile funcționale din amonte sunt surse nelimitate de semifabricate. Odată ce mașinile, roboții sau AGV-urile încep să execute orice operație, ele nu pot fi întrerupte până când operația nu este terminată.

Dupa proiectare folosind metodologia descrisa anterior modelul final al sistemului de prelucrare reconfigurabilă prezentat în figura 5.2.

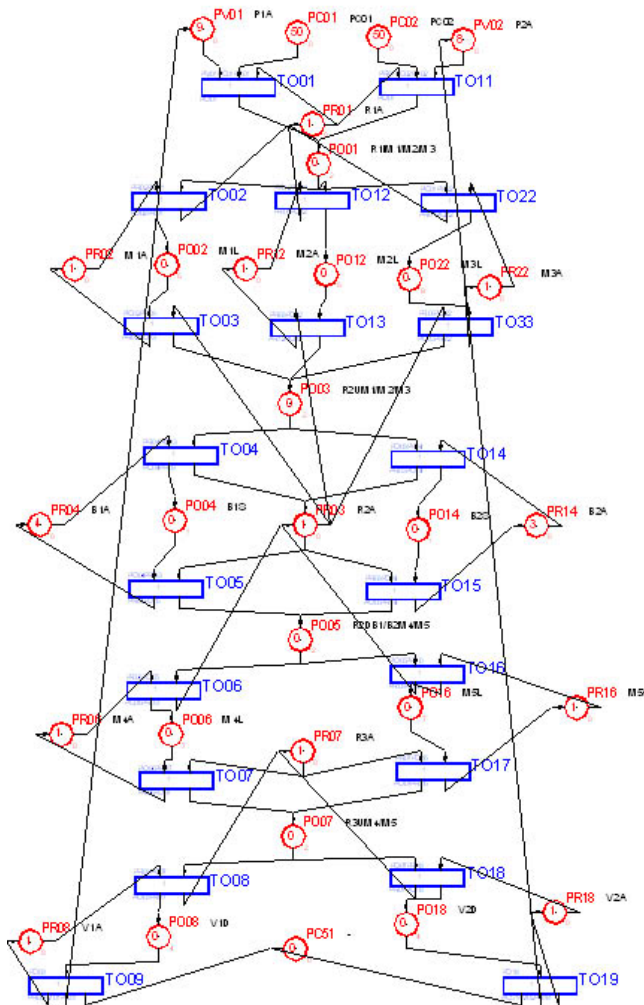


Figura 5.2 Modelul final al SRP

Marcajul pozițiilor operaționale PO01, PO02, PO12, PO22, PO03, PO04, PO14, PO06, PO16, PO07, PO08, PO18 este egal cu zero.

Marcajul pozițiilor de disponibilitate a resurselor fixe PR02, PR03, PR06, PR07, PR08, PR18 este egal cu unu.

Marcajul pozițiilor de accesibilitate a bufferelor este pentru bufferul 1 egal cu patru, iar pentru bufferul 2 egal cu trei.

Calculând capacitatea procesuală și parametri α , β , δ , a fost determinat marcajul pozițiilor de disponibilitate a resurselor variabile, în urma căruia a rezultat că numărul paletelor corespunzătoare piesei 1 care poate exista în procesul de prelucrare în sistem la un anumit moment de timp, este egal cu nouă, iar corespunzător pentru piesa P2, egal cu opt.

Considerăm că avem comandate pentru a fi prelucrate în sistem 50 de bucăți din fiecare tip de piesă (marcajul pozițiilor PC01 și PC02 este egal cu 50).

Timpii maximi admiși pentru operațiile din sistem sunt $\tau_{\max}(\text{PO01}) = 2$, $\tau_{\max}(\text{PO02}) = 6$, $\tau_{\max}(\text{PO12}) = 6$, $\tau_{\max}(\text{PO22}) = 8$, $\tau_{\max}(\text{PO03}) = 2$, $\tau_{\max}(\text{PO04}) = 1$, $\tau_{\max}(\text{PO14}) = 1$, $\tau_{\max}(\text{PO05}) = 2$, $\tau_{\max}(\text{PO06}) = 7$, $\tau_{\max}(\text{PO16}) = 7$, $\tau_{\max}(\text{PO07}) = 2$, $\tau_{\max}(\text{PO08}) = 4$, $\tau_{\max}(\text{PO18}) = 4$.

Având în vedere că tranzițiile reprezintă începutul sau sfârșitul operațiilor adiacente, toate au eroarea de referință egală cu unu.

1.1.1 Simularea funcționării controlerului

Simularea se poate face:

- *pas cu pas* activând manual, cu ajutorul mous-ului, una din tranzițiile accesibile;
- *automat temporizat*, în care evoluția sistemului este dată de declanșările tranzițiilor ce respectă condiția să aibă marcajul pozițiilor de intrare mai mare decât unu și funcția de timp corespunzătoare acestor poziții să fi contorizat timpul maxim admisibil impus prin proiectare;
- *în timp real* - declanșarea tranzițiilor se face dacă:
 - marcajul pozițiilor de intrare este mai mare decât unu
 - valoarea contorizată de către funcția de timp pentru toate aceste pozițiile de intrare este mai mică decât τ_{\max} corespunzător (contorizarea este întreruptă de către sistemele ierarhice inferioare- semnale simulate cu ajutorul mous-ului)
 - eroarea de referință să fie egală cu valoarea funcției de informare a erorii corespunzătoare pozițiilor de intrare.
- *în timp real optimizat* - declanșările tranzițiilor se fac atunci când sunt îndeplinite toate condițiile punctului anterior și se primește confirmare de la subrutina de optimizare; subrutina de optimizare este lansată după executarea fiecărei tranziții, determinând evoluția optimă a sistemului.

Vom expune în continuare evoluția funcționării sistemului optimizată, dar simulată în regim pas cu pas pentru a fi prezentată sub formă de document.

În figura 5.3 este arătat momentul inițial al declanșării simulării.

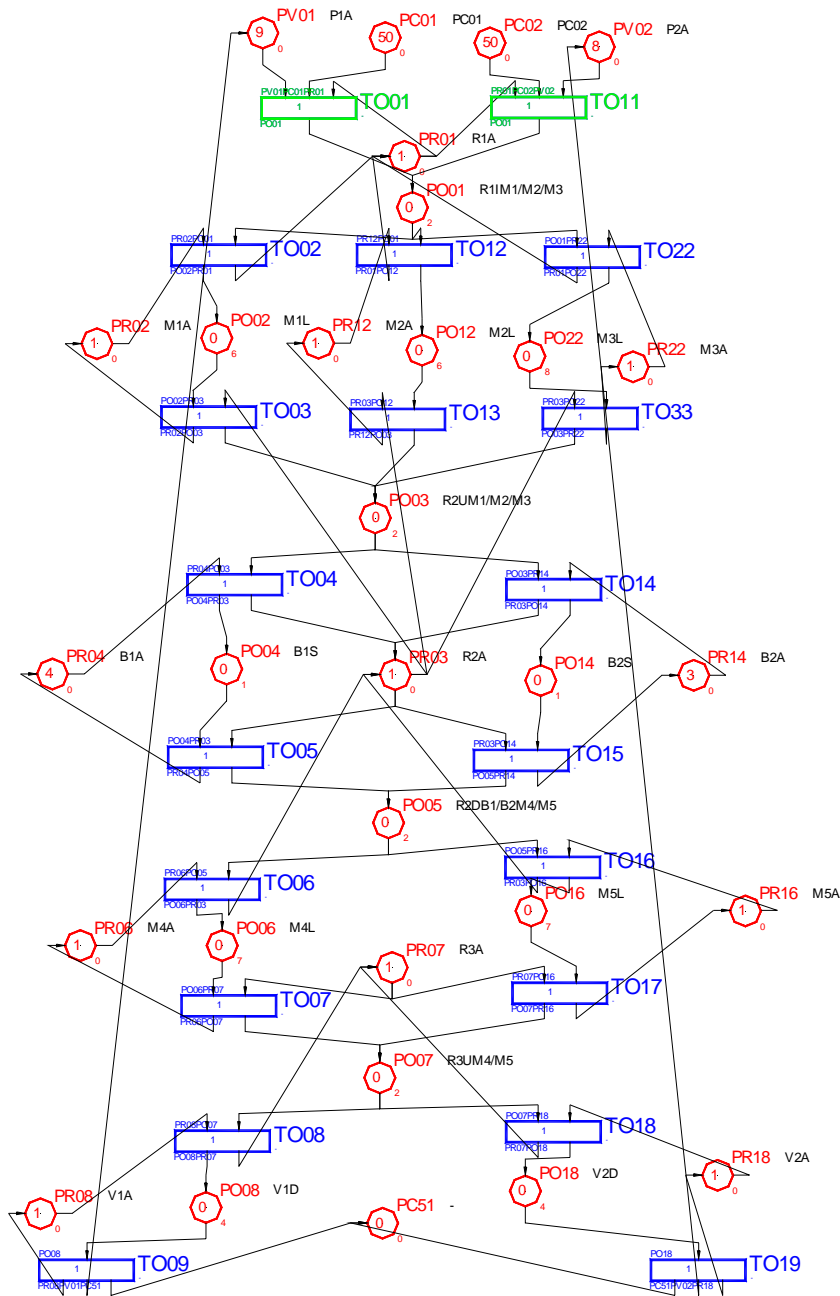


Figura 5.3. Momentul inițial al simulării

După cum se vede, sunt accesibile tranzițiile TO01 și TO11 datorită faptului că sunt îndeplinite condițiile de disponibilitate ale semifabricatelor P1, P2 și robotului R1 . După executarea tranziției TO01 avem situația prezentată în figura 5.13. Executarea tranziției TO01 determină preluarea unui semifabricat P1, paletat, de la intrare și deci micșorarea marcajului poziției PV01 de la nouă la opt.

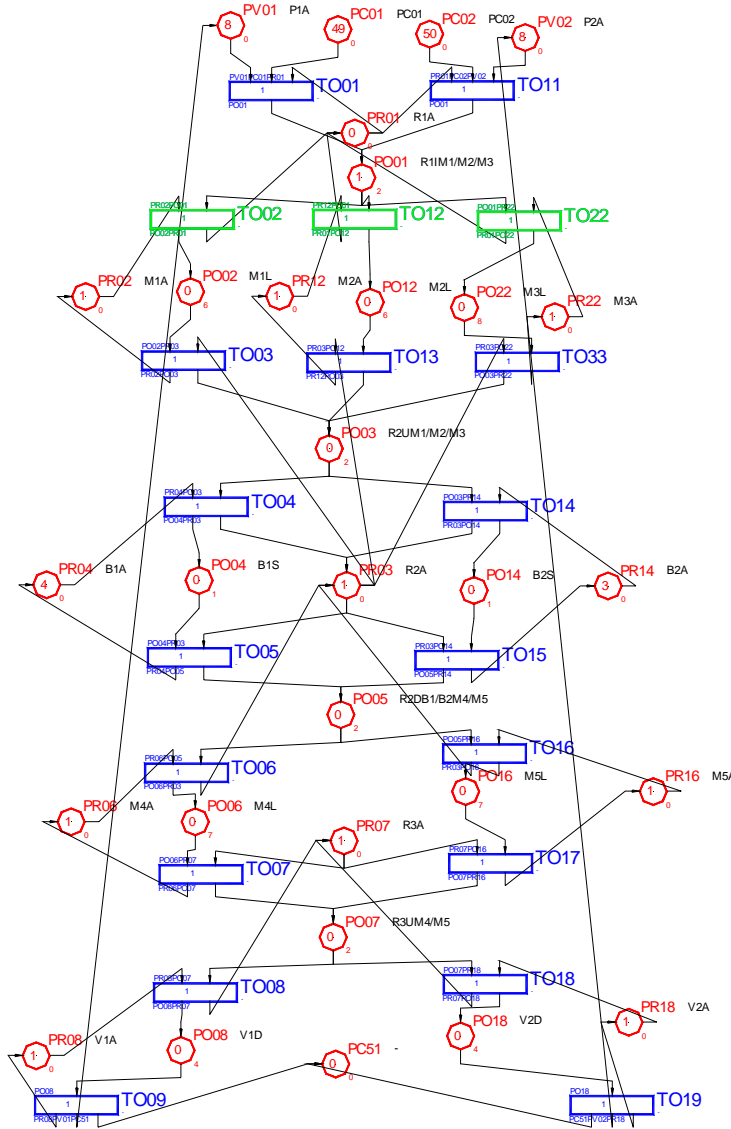


Figura 5.4

În această figură se observă că tranzițiile TO02, TO12, TO22, tranziții ce modelează începutul operațiilor de prelucrare pe mașinile M1, M2, M3 respectiv, sunt accesibile. Deci semifabricatul P1 poate fi distribuit oricărei din mașini pentru a fi prelucrat. Executând TO02 începe prelucrarea pe mașina M1. Această situație este arătată în figura 5.5.

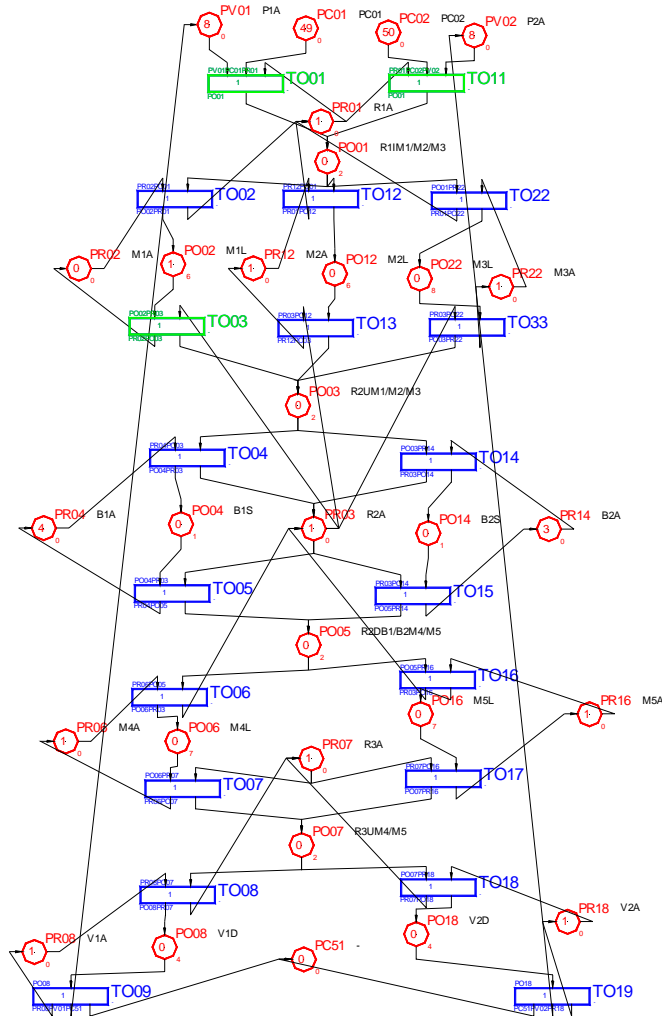


Figura 5.5

După începerea operației robotul R1 este eliberat, fiind astfel posibilă alimentarea cu un nou semifabricat P1 sau P2. Executând încă odată tranziția TO01 se preia de la intrare un semifabricat P1 (marcajul poziției PV01 scade cu o unitate), situație reprezentată în figura 5.6.

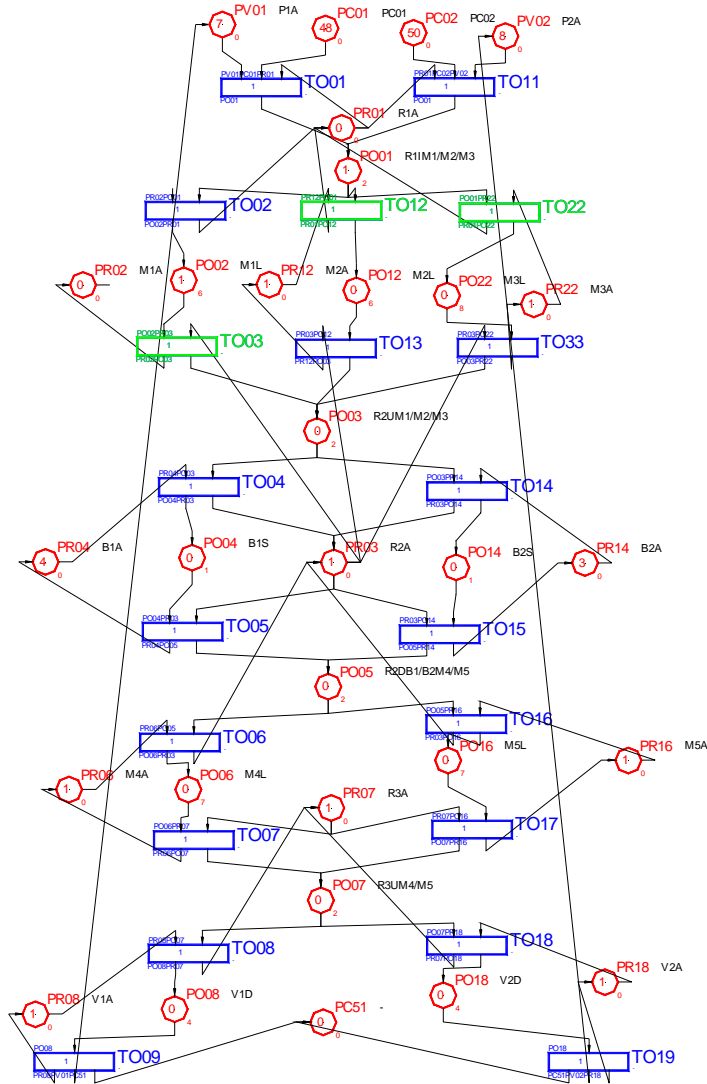


Figura 5.6

Semifabricatul P1 poate fi distribuit de această dată numai mașinilor M2 sau M3 (mașina 1 fiind ocupată cu prelucrarea primei piese), situație modelată de accesibilitatea tranzițiilor TO12, TO22. Executând tranziția TO12, mașina 2 începe prelucrarea celui de al doilea semifabricat P1, situație prezentată în figura 5.7.

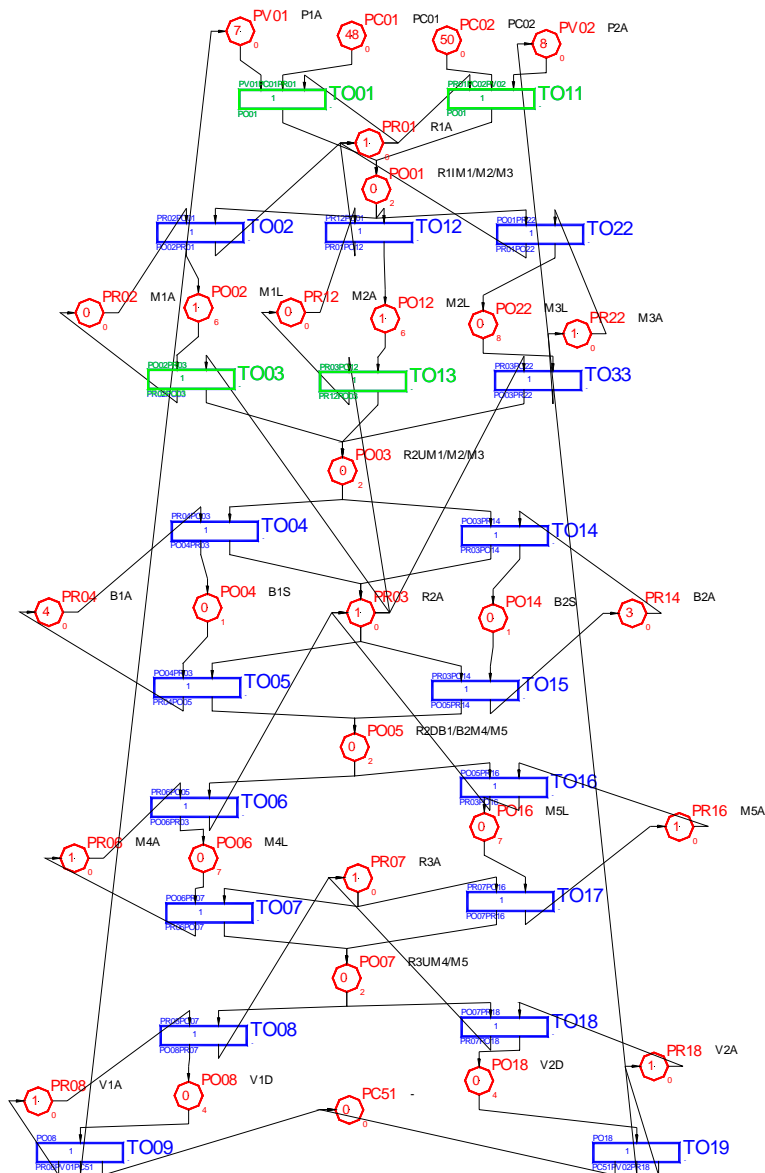


Figura 5.7

După începerea prelucrării de către mașina 2, robotul R1 este eliberat, având posibilitatea alimentării cu încă un semifabricat de la intrare (tranzițiile TO01 și TO11 accesibile). Executând TO11, adică introducând în prelucrare un semifabricat P2, rezultă situația prezentată în figura 5.8.

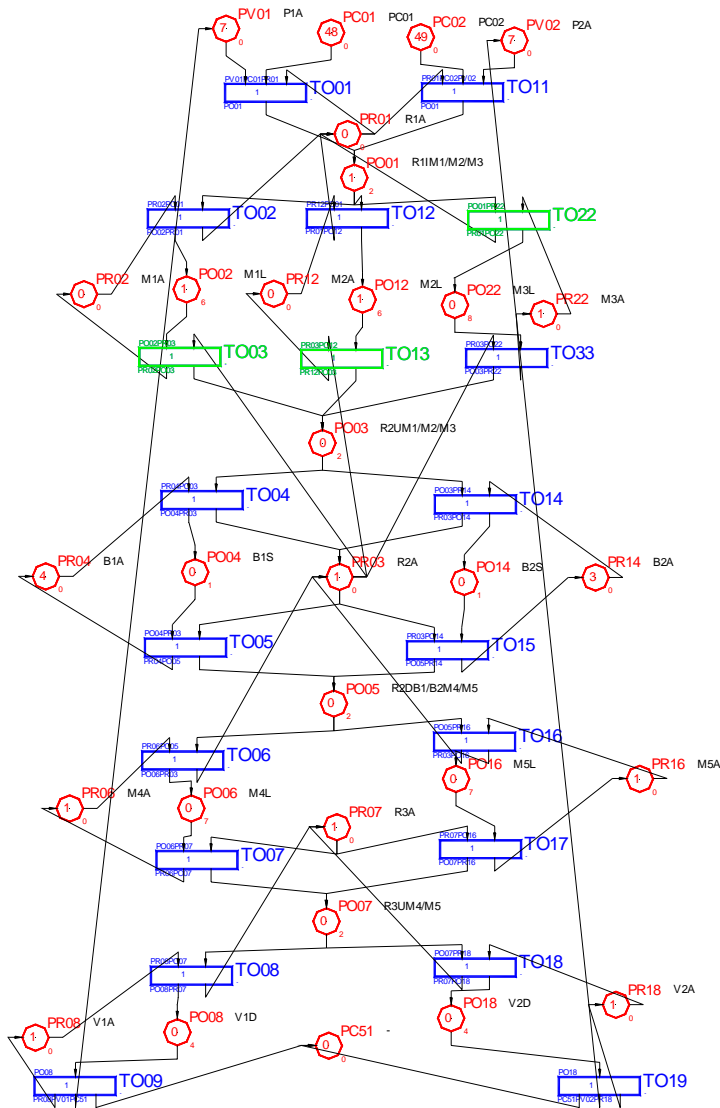


Figura 5.8

De data aceasta este accesibilă numai tranziția TO22 cu semnificația că numai mașina 3 este disponibilă pentru a începe o operație de prelucrare. Executând această tranziție, rezultă reprezentarea din figura 5.9.

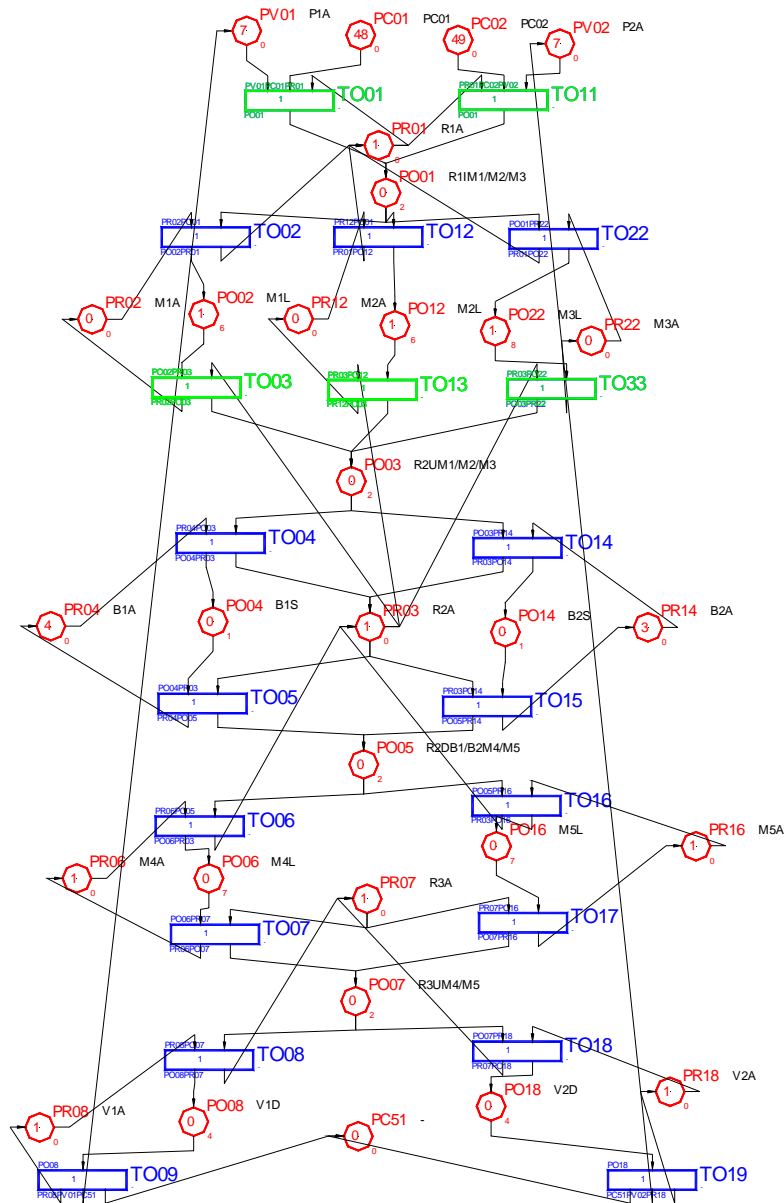


Figura 5.9

În acest moment, primele trei mașini prelucreză câte o piesă. Robotul R1 fiind disponibil alimentează cu un nou semifabricat P1/P2, eveniment modelat prin executarea tranziției TO01 sau TO11. După executarea tranziției TO11 (alimentarea cu un semifabricat P2) avem situația din figura 5.10.

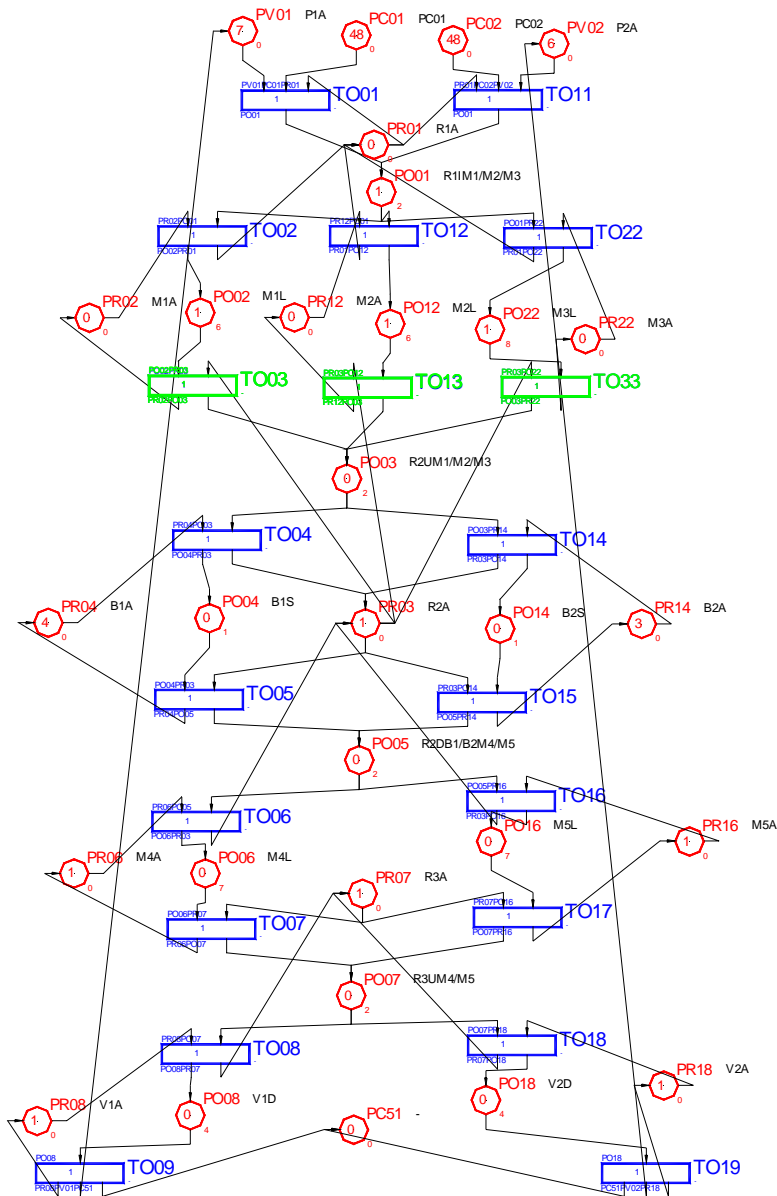


Figura 5.10

Prima mașină care termină de prelucrat este mașina 1, ceea ce dă posibilitatea executării tranziției TO03 și astfel începerea transferului de către robotul R2 a piesei prelucrate pe această mașină, la bufferul B1 sau B2. Executarea tranziției TO03 determină situația din figura 5.11.

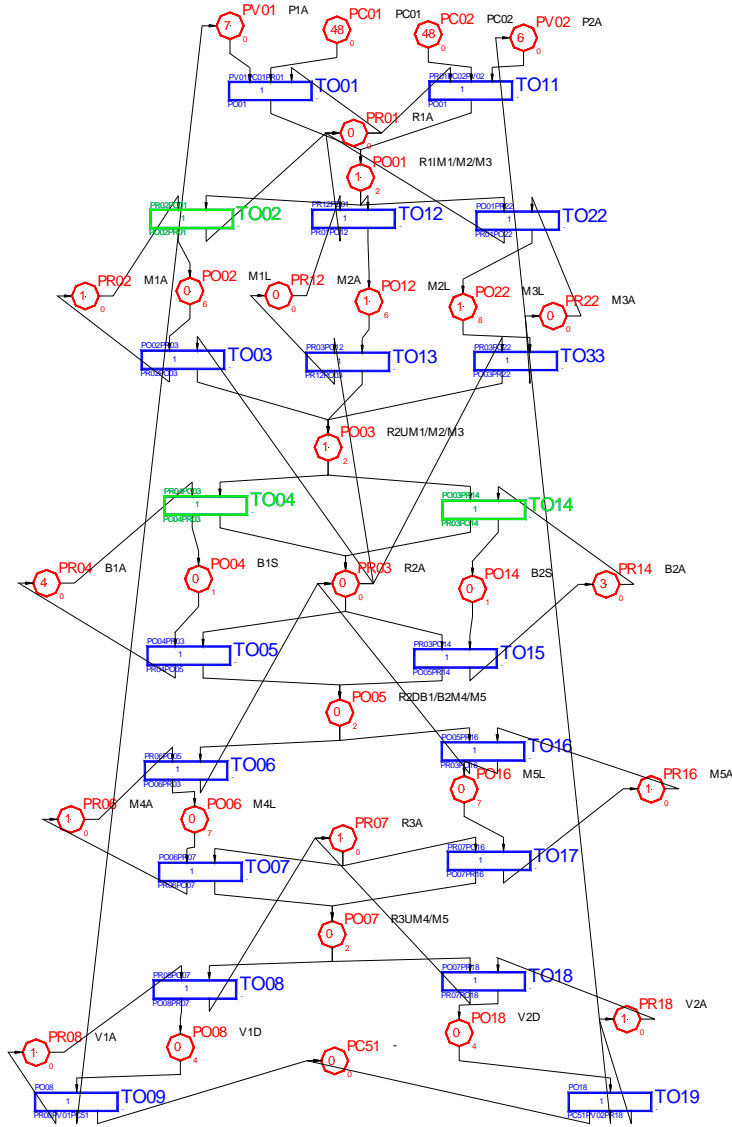


Figura 5.11

Imediat după eliberarea de piesa prelucrată, Mașina 1 are posibilitatea începerii prelucrării unui nou semifabricat - TO02 este accesibilă. După executarea acestei tranziții sistemul este în starea prezentată în figura 5.12.

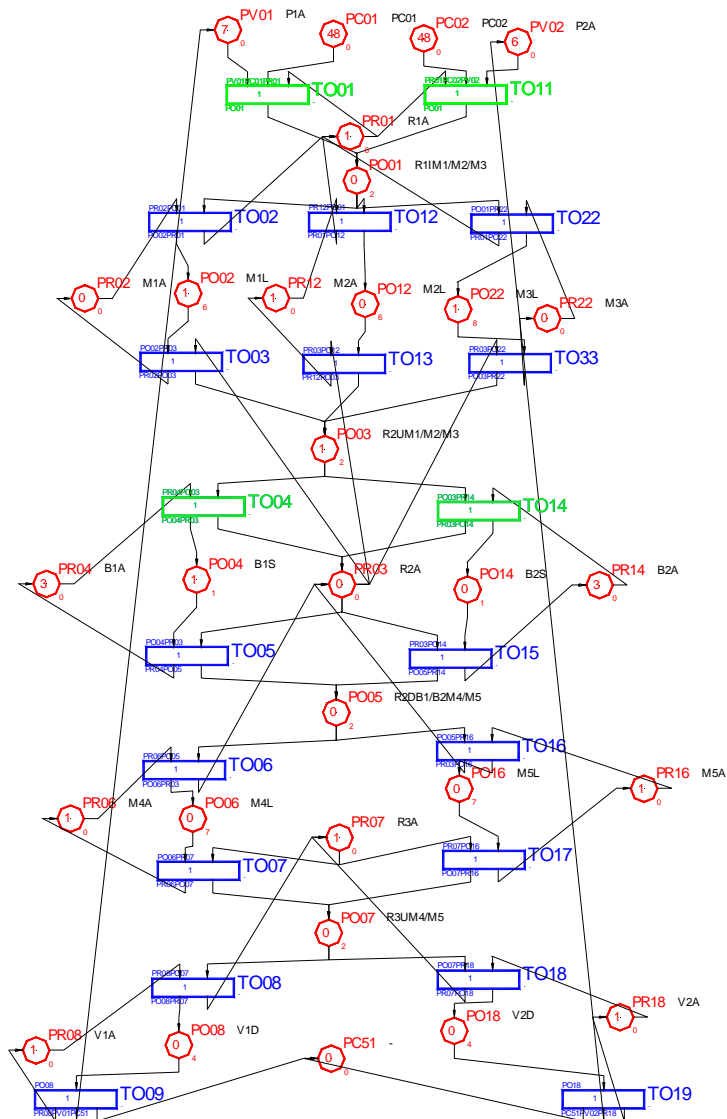


Figura 5.12

În această stare, toate mașinile M1, M2, M3 prelucreză, robotul R1 are posibilitatea de a alimenta cu încă o piesă, robotul R2 are posibilitatea de a distribui la bufferul B1 sau B2, piesa prelucrată pe mașina 1. Executând tranziția TO04, bufferul B1 stochează această piesă, situație ilustrată în figura 5.13.

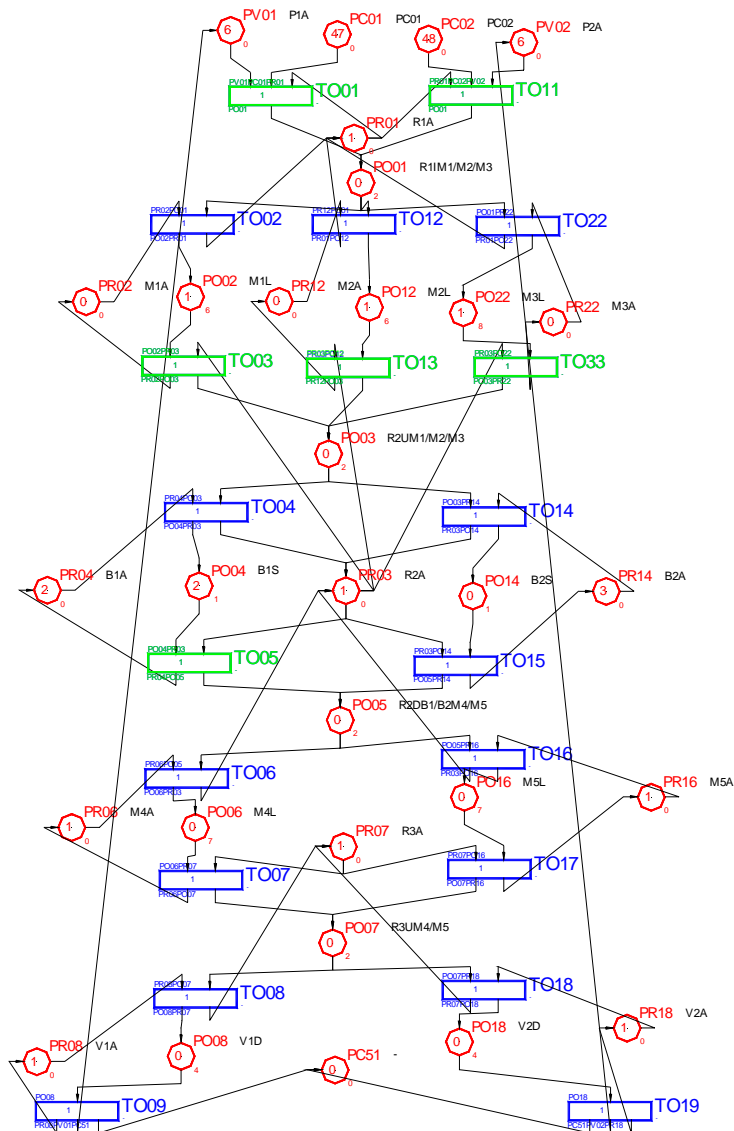


Figura 5.13

În acest moment, se eliberează robotul R2 dând posibilitatea descărcării mașinii M2 care a terminat de prelucrat piesa. Secvențele operațiilor de descărcare și de alimentare cu încă o piesă de la intrare de către robotul R1 sunt similare cu cele prezentate mai sus. În figura 5.14 este arătată starea în care M1, M2, M3, M4 prelucrează, în bufferul B1 mai există o piesă, iar robotul R1 are posibilitatea alimentării cu încă o piesă.

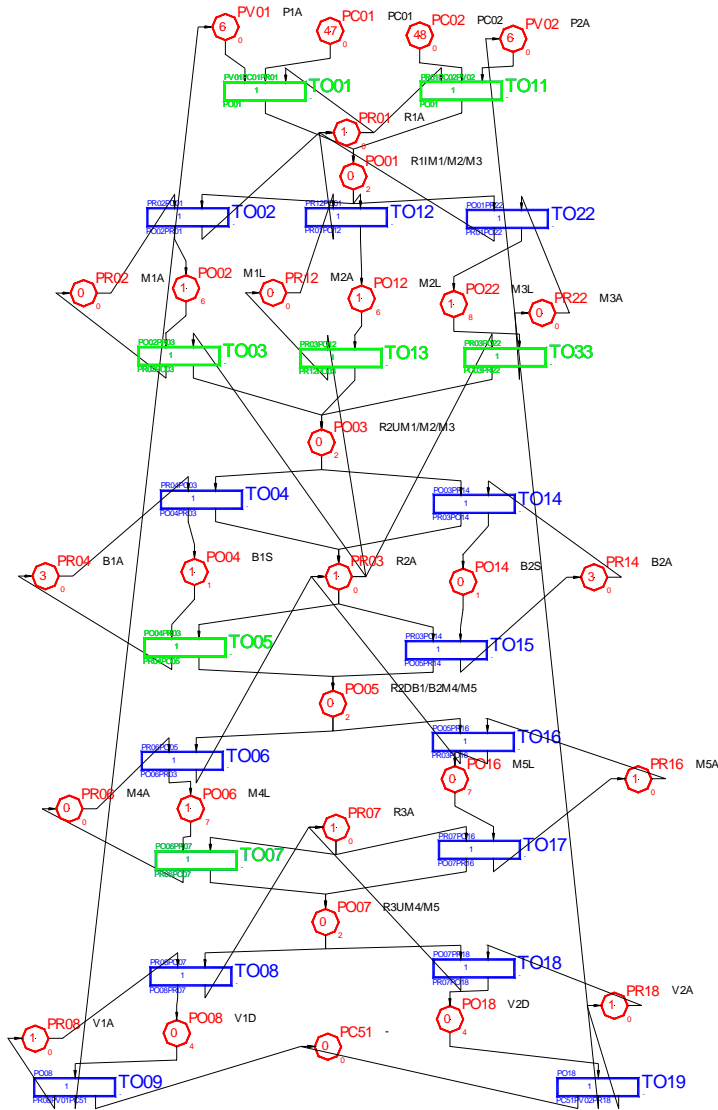


Figura 5.14

După executarea tranziției TO05, robotul R2 începe alimentarea mașinii M5 cu piesa din bufferul B1, dându-se posibilitatea începerii prelucrării de către această mașină (TO16 este accesibilă în figura 5.15)

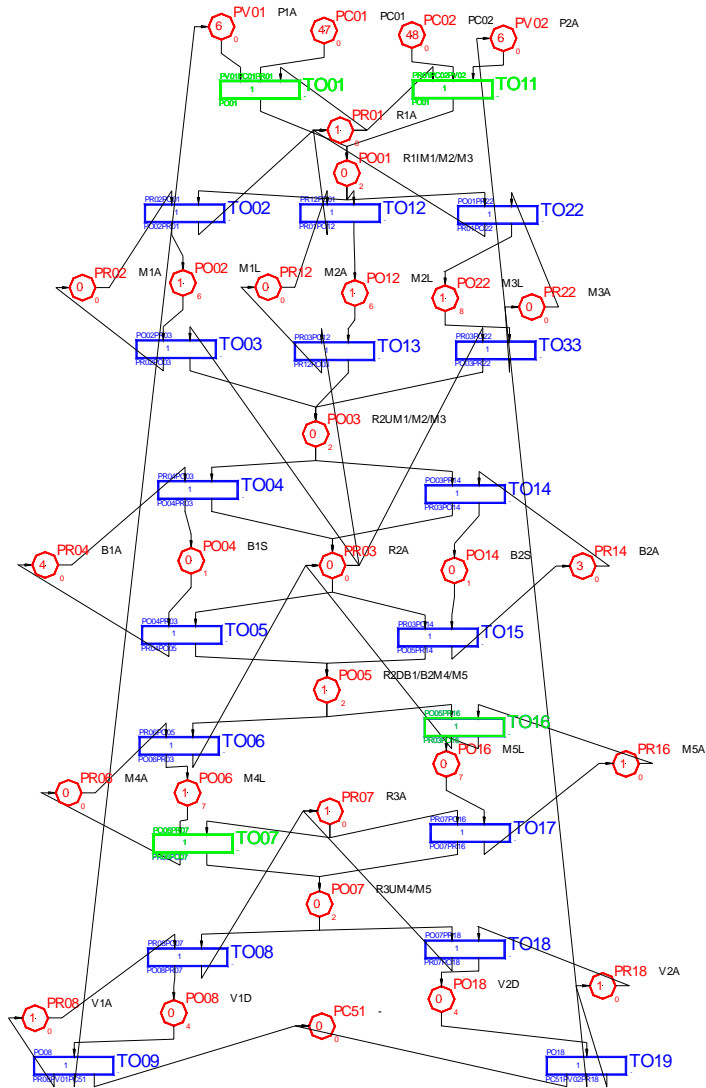


Figura 5.15

După executarea tranziției TO16, avem situația în care toate mașinile prelucrează în același timp, după cum se observă în figura 5.16.

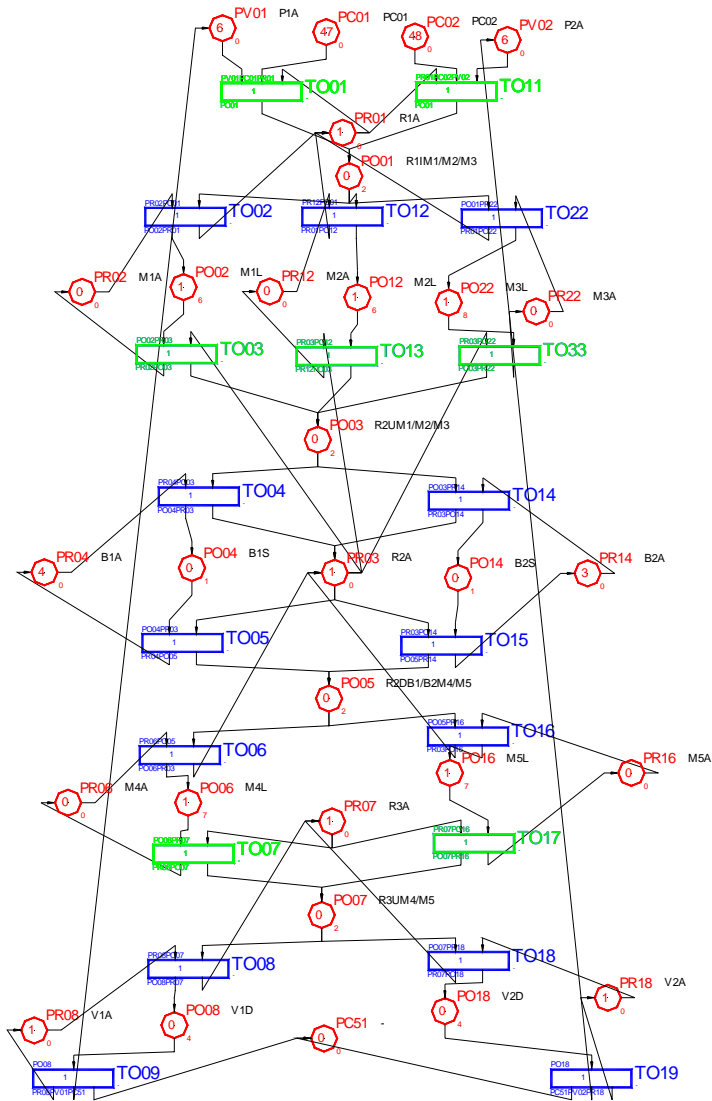


Figura 5.16

Simularea se poate continua până la prelucrarea celor 50 de piese de fiecare tip.

În figura 5.17 este prezentat modelul de rețea Petri studiat la care s-a modificat marcarea inițială, precum și timpii aferenți centrelor de prelucrare.

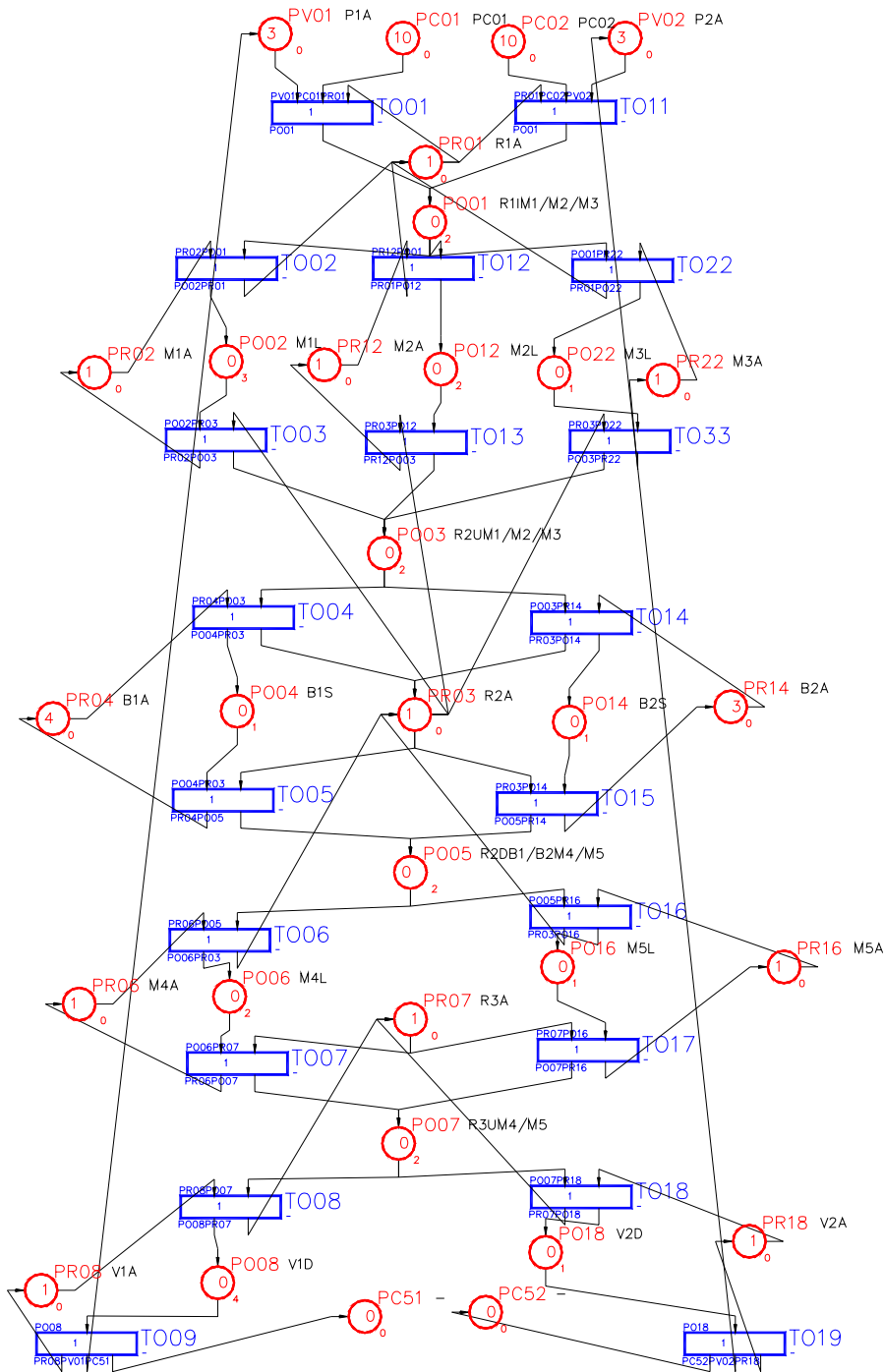


Figura 5.17

Dupa studierea comportarii sistemului reconfigurabil pentru diferite cazuri de reconfigurare, ceea ce implica timpi diferiti de executie a operatiilor si marcaje diferite ale modelului cu retele Petri se optimizeaza procesul de productie.

5.5.4. Programul piesa

In cazul sistemului clasic de control a masinilor tehnologice, prin programul piesa (elaborat in limbajul ISO G-code), se stabileste sirul actiunilor elementare pe care masina unealta trebuie sa le intreprinda, pentru a realiza ciclul de prelucrare a unui exemplar si, pentru fiecare actiune, se stabilesc valorile marimilor de stare, astfel incat sa fie satisfacute exigentele tehnice ale produsului rezultat, cum ar fi de exemplu rugozitatea sau precizia. Programul piesa este citit si executat instructiune cu instructiune de catre sistemul CNC al masinii.

Sistemele CAM (Computer Aided Manufacturing) proceseaza modelul CAD al piesei si elaboreaza programul piesa scris in codul ISO G, care se refera strict la geometria traiectoriei ce trebuie parcursa de scula, in timp ce parametrii regimului de lucru si alte informatii trebuie introduse de utilizator. Programul piesa este apoi citit de un interpretor, care preia informatiile continute in una dintre frazele de comanda, le proceseaza folosind interpolatoare adecvate si elaboreaza traiectoria variabilelor de comanda, corespunzatoare respectivei fraze de comanda. In continuare, se comanda motoarelor de actionare parcurgerea punct cu punct a acestei traiectorii.

Spre deosebire de sistemele CAM actuale, in noua abordare propusa, continutul informational al programului piesa consta in definirea unor sarcini si nu in succesiunea actiunilor ce trebuie parcurse pentru obtinerea unor caracteristici si ofera la iesire traiectoria variabilelor de stare, care contine toate informatiile, inclusiv parametrii regimului de lucru, necesare executarii intregii operatii de prelucrare.

In plus, spre deosebire de sistemele CAM actuale, unde pe parcursul executarii unei fraze de comanda, parametrii regimului de lucru raman constanti, sistemul de conducere al noii generatii de masini reconfigurabile asigura modificarea in mod continuu a valorilor variabilelor de comanda in functie de evolutia comportarii sistemului de manufacturare si de modul real in care se desfasoara procesul de prelucrare.

5.5.5 Restrictii

In scopul de a utiliza in intregime capabilitatile sistemului, in orice moment al procesului de prelucrare, comenzile pe care sistemul de conducere le da sunt elaborate in concordanta cu nivelul *momentan* al restrictiilor.

Ca urmare, baza de date a sistemului de comanda contine mai multe seturi de informatii cu privire la sculele disponibile, cum ar fi: profilul sculei la un moment dat si forta admisibila (F_{adm}), dar si latimea admisibila a aschiei (L_{adm}), aria admisibila a sectiunii aschiei (A_{adm}) si grosimea admisibila a aschiei (a_{adm}), pentru diferite materiale. Aceste informatii din baza de date a masinii, impreuna cu informatiile care definesc datele de intrare, anterior mentionate, servesc la procesarea informatiei in cadrul *etapei de programare*, realizata virtual, inainte de inceperea procesului.

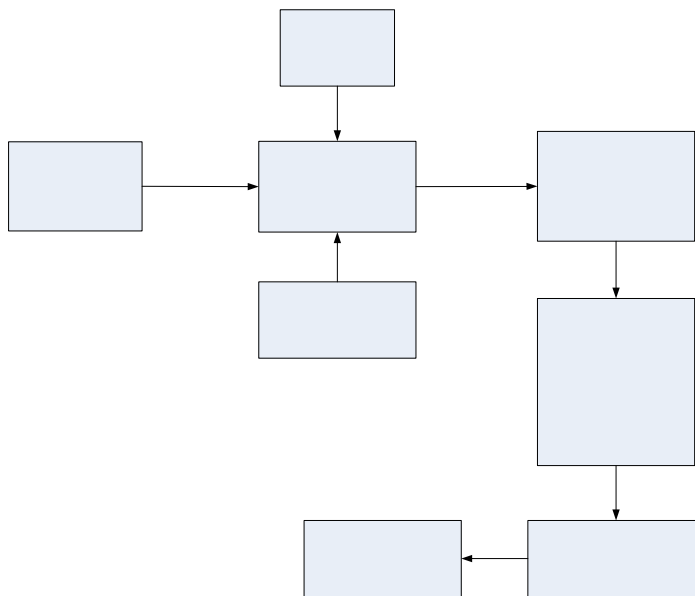


Figura 5.27. Schema demonstrativului de functionare virtuala a unui sistem de fabricatie reconfigurabil

Asa cum se arata in figura 5.27, arhitectura de conducere a masinii tehnologice reconfigurabile presupune o biblioteca de module, in care sunt stocate toate informatiile cu privire la modulele care se pot utiliza, o biblioteca cu sculele disponibile, care stocheaza informatii cu privire la scule. Circuitul informatiei incepe cu introducerea modelului CAD pentru descrierea semifabricatului initial si a produsului final corespunzator operatiei. Aceste informatii, impreuna cu cele existente in biblioteca de scule si de module, permit modulului de informatii a demonstrativului virtual procesarea lor pentru derularea etapei de programare automata optimizata. Programarea automata presupune simularea virtuala a procesului pentru fiecare scula cu determinarea optimului local in fiecare punct al traiectoriei respectivei scule. Apoi se evalueaza comparativ sculele pentru care derularea procesului este posibila (nu apar coliziuni), pentru determinarea sculei care produce optimul global. Rezulta astfel un program virtual, reprezentat de succesiunea pozitiiilor sculei de-a lungul profilului final, cu o anumita scula selectata.

In ceea ce priveste testarea coliziunilor, aceasta se realizeaza automat in etapa de simulare virtuala, luand in considerare faptul ca se cunoaste configuratia geometrica a strungului, cea a sculelor si a semifabricatului.

5.5.6 Optimizare

Asa cum se arata in figura 5.28, care corespunde demonstrativului pentru procesul de aschiere, ideea cheie a algoritmului de optimizare virtuala consta in aceea de a minimiza costurile, dar in acelasi timp sa se satisfaca exigentele specifice produsului finit. Pe langa gradele de libertate corespunzatoare axelor Z si X, s-a considerat, potrivit inventiei Strung universal reconfigurabil, realizata in cadrul proiectului, ca scula are un grad de libertate suplimentar reprezentat de rotirea a acesteia in jurul axei Y a modului port-scule.

Minimizarea costurilor se reduce la a realiza profilul final cu un numar minim de rotatii ale piesei, de unde rezulta, in plus, un consum minim energie si de scula. Aceasta inseamna detasarea unei aschii cu suprafata maxima, in conditiile respectarii conditiilor impuse produsului finit.

Geometria initiala
Geometrie finala
Toleranta
Rugozitate

Modelul CAD
al piesei

Etapa de programare optimizata debuteaza cu introducerea ca date de intrare a coordonatelor punctelor aflate pe suprafata nominala, a abaterilor superioara si inferioara corespunzatoare, a rugozitatii suprafetei finale, a coordonatelor punctelor pe profilul suprafetei initiale, a coordonatelor punctelor de pe profilul sculei, a valorilor limita admisibile F_{adm} , A_{adm} , a_{adm} , L_{adm} , si a caracteristicii de material C_{mat} .

Coordonatele punctelor de pe profilul suprafetei nominale sunt obtinute in urma procesarii modelului CAD, reprezentat de fisiere desen generate de pachetul AutoCAD, fiind destul de multe pentru a putea fi suficient de bine descris profilul. Fiecaruia dintre aceste puncte i se ataseaza urmatoarele informatii: abaterea superioara, abaterea inferioara, rugozitate si respectiv coordonatele X , Z , calculate prin insumarea valorilor nominale cu media abaterilor superioara si inferioara corespunzatoare punctului. Similar, se introduc datele care descriu suprafata initiala, reprezentate de coordonatele punctelor profilului acesteia. Coordonatele punctele ce descriu profilul suprafetei finale sunt date in sistemul de referinta solidar cu piesa.

In baza de date a masinii sunt stocate coordonatele punctelor ce descriu profilul sculei in raport cu sistemul de referinta solidar cu aceasta, urmand ca in etapa de optimizare sa se faca conversia la sistemul de referinta al piesei.

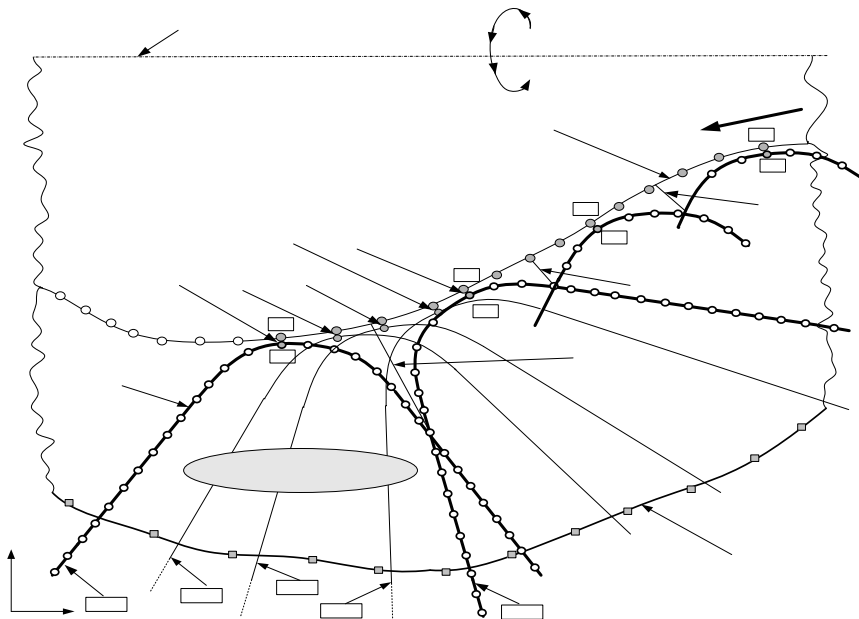


Figura 5.28 Schema algoritmului de optimizare locala

In figura 5.29 se arata schema unei secvente de generare a suprafetei finale, folosind algoritmul de optimizare al sistemului de prelucrare virtual. De exemplu, sa presupunem ca ne aflam in punctul de pe profilul suprafetei finale $i=21$ si pozitia sculei este corespunzatoare punctului $j=16$ de pe profilul acesteia, tangent la profilul suprafetei finale. In continuare, ne propunem, sa gasim urmatorul punct de pe profilul suprafetei finale, generat de un punct de pe profilul sculei, dupa ce piesa a executat o rotatie completa. Pentru aceasta se trece la pozitia $i=22$ si se testeaza succesiv punctele de pe profilul sculei, retinandu-se acele puncte care verifica restrictiile si impunerile. Cautarea se opreste in momentul in care se gaseste un punct de pe profilul suprafetei finale, pentru care toate punctele de pe profilul sculei, tangent la acesta, nu respecta conditiile, asa cum se observa in figura 3. Punctele $i=25$ si $j=15$ reprezinta combinatia pentru care aria aschiei ($A_{25/15}$) este maxima

in cazul setului de puncte testat. Se considera ca noul i , adica, $i=25$ este noul punct curent si se continua algoritmul de cautare a urmatorului punct de atins.

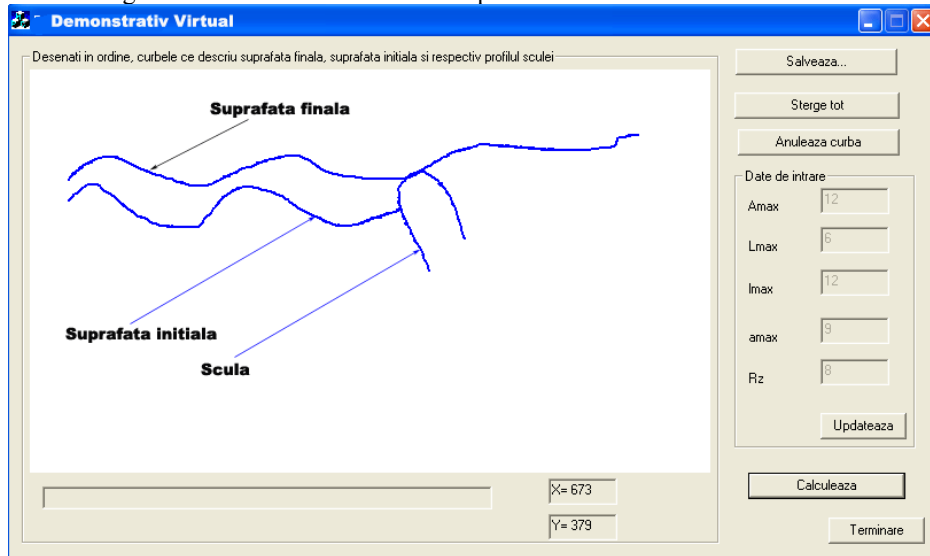


Figura 5.29. Fereastra programului pentru optimizarea locala.

Asa cum se arata in figura 5.29, demonstrativul realizat permite derularea virtuala a algoritmului pentru o singura scula in plan. In partea dreapta a ferestrei programului se introduc inainte de rulare cerintele impuse pentru suprafata finala. Dupa apasarea butonului "Updateaza" aceste valori sunt retinute. In continuare se deseneaza folosind mouse-ul profilul suprafetei initiale, a celei finale si profilul sculei. Pentru lansarea demonstrativului se apasa butonul "Calculeaza" care declanseaza derularea animatiei corespunzatoare etapei de optimizare. Profilul sculei se deplaseaza de-a lungul profilului suprafetei finale astfel incat sa fie satisfacuta restrictiile impuse si sa rezulte un proces de prelucrare optim, conform algoritmului.

5.5.7 Exemple

Mai jos se prezinta doua exemple, unul privind procesul de strunjire si altul procesul de frezare.

In primul exemplu, figura 5.30, arhitectura hard a sistemului se compune din 1 – papusa fixa; 2- universal; 4- scula; 5- portscula; 6- sanie longitudinala; 7,8- masa rotativa pe care este fixata port-cutitul si 9- sanie transversala si serveste pentru prelucrarea unor suprafete cilindrice profilate. O alta structurare hardware, folosind aceleasi elemente, este prezentata in figura 5.31, si este destinata prelucrării unor suprafete profilate transversal.

In cel de-al doilea exemplu (figura 5.32), se demonstreaza prin functionare virtuala modul in care poate fi realizata o masina de frezat dantura interioara, folosind freze-melc cu profil evolutiv, obtinute la randul lor cu masina a carei structura este prezentata in figurile 5.30 si 5.31.

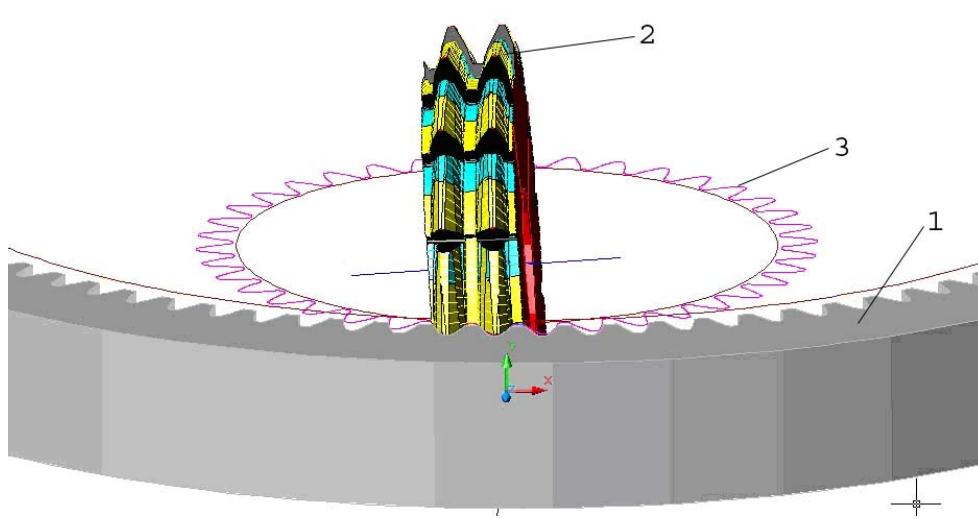


Figura 5.32 Prelucrarea danturilor interioare evolventice

Cap. 6. Concluzii generale

Pe baza activitatii desfasurata in cadrul proiectului, a rezultatelor btinute si a modului in care aceste rezultate au fost percepute si evaluate de comunitatea stiintifica si industriala pana in prezent, se pot desprinde urmatoarele concluzii:

1. Piata produselor mecanice este caracterizata de extinderea pe scara larga a comenzilor mici ca dimensiuni, variate ca structura si urgente ca termene. Ca urmare furnizorii de componente mecanice pot fi competitivi numai daca dispun de sisteme tehnologice care sa se configureze rapid la produsele ce trebuie fabricate, pe de o parte si, pe de alta parte, daca dispun de posibilitatea realizarii la un nivel ridicat de precizie si productivitate a componentelor. Dezvoltarea unei clase particulare de sisteme tehnologice care sa se caracterizeze prin capabilitatea de reconfigurare rapida si usoara poate avea un impact semnificativ asupra performantei economice.

2. Obiectivul general al prezentului proiect si anume, acela ca, prin metode de simulare, modelare si productie virtuala, bazate pe tehnologia informatiei si comunicarii, sa dezvolte o noua generatie de sisteme tehnologice reconfigurabile, a putut fi atins la nivel conceptual. Rezultatele experimentale, precum si cele obtinute prin implementarea industriala, au confirmat posibilitatea ca sistemele tehnologice reconfigurabile generate in proiect sa satisfaca exigentele actuale ale pietei.

3. Noua generatie de sisteme tehnologice trebuie sa aiba arhitectura hardware deschisa pentru a se putea complia la nevoile tehnologice foarte variate ce rezulta din comenzile obtinute.

4. Este posibila reducerea capitalului stagnant investit de intreprinderi in achizitia sistemelor tehnologice daca acestea sunt reconfigurabile, iar modulele componente sunt universale si mecatronice, pe de o parte, si pe de alta parte, daca acestea sunt concepute pe baza identificarii gradelor de libertate active sau pasive, de care un sistem tehnologic are nevoie.

5. Pentru reducerea timpului de reconfigurare, arhitectura software trebuie sa fie deschisa, dar cu structura completa, pentru ca sa acopere o intreaga clasa de procese de prelucrare. Ca urmare, la procesele de aschiere, respectiv de deformare plastica, pentru care conceptul de sistem tehnologic reconfigurabil a fost concretizat in cadrul proiectului, sunt necesare produse software diferite.

6. Controlul adaptiv-optimal, bazat pe reidentificare on-line si procesare virtuala, dezvoltat in cadrul proiectului, poate fi aplicat preventiv, astfel incat deviatiile generate de campul termomecanic al sistemului tehnologic sa fie compensate. Reducerea de peste cinci ori a erorii dimensionale, obtinuta in cadrul probelor experimentale, arata ca nivelul de performanta poate fi deosebit de ridicat.

7. Conceptul dezvoltat in cadrul proiectului s-a dovedit a fi aplicabil la toate cele trei nivele ale abordarii: sistem de fabricatie, sistem tehnologic, echipament tehnologic. Cele 14 inventii rezultate in urma activitatii din proiect exemplifica aplicabilitatea conceptului la toate aceste nivele.

8. Raspunsul industriei este incurajator si se concretizeaza in aceea ca trei intreprinderi industriale au investit sume semnificative pentru implementarea rezultatului proiectului. Dupa zece luni de la implementare, analiza arata ca rezultatele obtinute sunt bune si ca exista motive pentru extinderea implementarii.

9. Comunitatea stiintifica a validat rezultatele proiectului prin aceea ca au fost publicate 94 de lucrari, 60 dintre aceste in publicatii indexate ISI/BDI, iar, in cursul anilor 2006 – 2007, o parte dintre lucrari au fost citate in 17 cazuri, iar doua dintre acestea au primit distinctii.

10. Proiectul a avut un impact major in ceea ce priveste activitatea stiintifica a Centrului de Cercetare pentru Inginerie Tehnologica in Constructia de Masini de la Universitatea "Dunarea de Jos" din Galati, concretizat in inceputul dezvoltarii unei scoli stiintifice de sisteme tehnologice reconfigurabile.

Bibliografie

- [1.1] Choudhury S. K., V. K. Jain, S. Rama Krishna, *On-Line Monitoring of Tool Wear and Control of Dimensional Inaccuracy*, In: Turning, Journal of Manufacturing Science and Engineering, February 2001, Volume 123, Issue 1, pp. 10-12
- [1.2] Dong, C., Zhang, C., Wang, B., Zhang, G., *Prediction and Compensation of Dynamic Errors for Coordinate Measuring Machines*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, August 2002, Volume 124, Issue 3, pp. 509-514.
- [1.3] Hong Yang, Jun Ni, *Dynamic Modeling for Machine Tool Thermal Error Compensation*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, May 2003, Volume 125, Issue 2, pp. 245-254
- [1.4] Kim, S., Landers, R.G., Ulsoy, A., *Robust Machining Force Control With Process Compensation*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, August 2003, Volume 125, Issue 3, pp. 423-430.
- [1.5] Lian, R.J., Lin, B.F., Huang, J.H., *A grey prediction fuzzy controller for constant cutting force in turning*, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 45, Issue 9, July 2005, pp. 1047-1056.
- [1.6] Mehrabi M.G., A.G. Ulsoy, Y. Koren, and P. Heytler, *Trends and Perspectives in Flexible and Reconfigurable Manufacturing Systems*, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 13, No.2, April 2002, pp 135-146.
- [1.7] Steven Y. Liang, Rogelio L. Hecker, Robert G. Landers, *Machining Process Monitoring and Control: The State-of-the-Art*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, May 2004, Volume 126, Issue 2, pp. 297-310
- [1.8] Tseng, P.C., Ho, J.L., *A Study of High-Precision CNC Lathe Thermal Errors and Compensation*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer London, June 2002, Volume 19, Number 11, pp. 850 – 858.
- [2.1] CCITT. Draft Recommendations Z.35x and Appendices to draft Recommendations, 1992. (COM X-R12-E.)
- [2.2] Monique A Kardos- *Human Machine Interface and Usability Issues: Exploring a Preliminary Mission Management System Evaluation Methodology* DSTO Electronics and Surveillance Research Laboratory Commonwealth of Australia 2001
- [2.3] *** International Standard IEC 60204-1 Safety of machinery –Electrical equipment of machines, 2005
- [2.4] Mitsubishi Electric-Operation manual GOT-F900, GOT A900
- [2.5] NUM AG – *NUM 1020/1040/1060 Operator catalog*, 2002
- [2.6] Schneider Electric- *Magelis XBTL-1000 Technical documentation*, 2003
- [2.7] NUM AG – *32-Bit MMITOOL Human/Machine Interface Customization Tool*, 2002
- [2.8] M. G. Mehra B I , A . G . Ulsoy, Y. Koren Reconfigurable manufacturing systems: Key to future manufacturing
- [2.9] Siemens AG – *WinCC V 6.0. Information system*, 2003
- [2.10] Schneider Electric - *Vijeo Look SCADA software for small and medium-sized supervision applications,2004*
- [2.11] Schneider Electric – *Monitor Pro 7, Technical documentation*, 2006
- [2.12] National Communications System USA - *Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems*, 2004
- [2.13] Microsoft Corporation: *Component Object Model Specification*.Microsoft Corporation, 0.9 edn (1995)
- [2.14] Kraig Brockschmidt *Inside OLE 2nd Edition*, Microsoft Press, 1995

- [2.15] Eric J. Byres, Tan-Trung Nguyen – *Using OPC to Integrate Control Systems From Competing Vendors, 2000 CPPA Technical Session*
- [2.16] Microsoft Corp– *Dynamic Data Exchange, MSDN Library Visual Studio 6.0 1998*
- [2.17] André Quintã, José Santos, Carlos Cardeira *Performance Assessment of DDE Versus ActiveX In Manufacturing Environments Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia 2005*
- [2.18] OPC Task Force , “*OLE for Process Control Data Access Standard*”, version 1.0, 1997
- [2.19] OPC Foundation, *OLE for Process Control: Overview*, OPC Foundation, Oct. 1998
- [2.20] OPC Foundation – *Data Access Custom Interface Standard –version 2.0 . 1998*
- [2.21] OPC Foundation – *Data Access Custom Interface Standard –version 3.0 . 2003*
-
- [3.1] Walczyk, D.F. and Hardt, D.E., A Comparison of Rapid Fabrication Methods for Sheet Metal Forming Dies,”*ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 1999, 121(1), 214-224.
- [3.2] Walczyk, D.F. and Hardt, D.E., Design and Analysis of Reconfigurable Discrete Dies for Sheet Metal Forming, *Journal of Manufacturing Systems*, 1998, 17(6), 436-454.
- [3.3] Nardiello, J., Christ, R., and Papazian, J.M., Block Set Form Die Assembly, USA Patent 6,053,026, April 2000.
- [3.4] Papazian, J.M., Anagnostou, E.L., Christ, R.J., Hoitsma, D., Orivile P, Schwarz, R.C., Spitzer, K., and Barkley, C., Tooling for Rapid Sheet metal parts production, 6th Joint FAA/DoD/NASA conference on Aging Aircraft, September 2002
- [3.5] Walczyk, D.F. and Longtin, R.S., Fixturing of compliant parts using a matrix of reconfigurable parts,”*ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 2000, 122(4), 766-772.
- [3.6] Kelkar, A., Koc, B., and Nagi, R., Rapidly Re-configurable Mold Manufacturing, 2003 ASME Design and Manufacturing Conference, Chicago, Illinois, September 2 - 6, 2003
- [3.7] Cai, Z.Y., Li, M.Z., Optimum path forming technique for sheet metal and its realization in multi-point forming. *J. Mater. Process. Technol.* 110 (2001), pag. 136–141
- [3.8] Mingzhe, L., Yuhong, L., Multi-point forming: a flexible manufacturing method for a 3D surface sheet. *J. Mater. Process. Technol.* 87 (1999), pag. 277–280
- [3.9] Cai, Z.Y., Li , M.Z., Multi-point forming of three-dimensional sheet metal and the control of the forming process. *Int. J. Pressure Vessels Piping* 79 4 (2002), pag. 289–296
- [3.10] Cai, Z.Y., Li, M.Z., Yan, Q.G., Flexible forming for sheet metal. *Journal of Applied Science* 20 (2002) 202–206 (in Chinese).
- [3.11] Chen, J.J., Li, M.-Z., Multi-point section forming technology, *J. Harbin Instit. Technol.* 32 (2000) (4), pag. 65–71.
- [3.12] Zhongyi, C., Mingzhe, L., Zhaohua, F., Theory and method of optimum path forming for sheet metal. *Chin. J. Aeronautics* 14 2 (2001), pp. 118–122
- [3.13] Cai, Z., Li, M., Optimum path forming technique for sheet metal and its realization in multi-point forming, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 110, pag 136-141, 2001.
- [3.14] Boers, S.H.A., Schreurs, P.J.G., Geers, M.G.D., Path-Dependent Plasticity and 3D Discrete Forming, VIII International Conference on Computational Plasticity, COMPLAS VIII, CIMNE, Barcelona, 2005
- [3.15] Paunoiu, V., Nicoara, D., Design an experimental reconfigurable die for sheet metal forming, *Analele Universității Dunărea de Jos din Galați*, fasc. V, 2006, pag. 81-85, ISSN 1221-4566
- [3.16] Păunoiu, V., Epureanu, A., Nicoară, D., Ciocan, O. - A review of the sheet metal forming methods using reconfigurable dies, *Analele Universității Dunărea de Jos din Galați*, Fascicole 5, Tehnologii in Constructia de Mașini, ISSN 1221-4566, 2006, pag. 45-50
- [3.17] Păunoiu, V., Nicoara, D., Banu, M., Maier, C., Ciocan, O., Epureanu, A. - Design an experimental reconfigurable die for sheet metal forming, *Analele Universității Dunărea de Jos din Galați*, Fascicole 5, Tehnologii in Constructia de Mașini, ISSN 1221-4566, 2006, pag. 60-65,

- [3.18] Paunoiu, V., Oancea, N., Nicoara, D., Simulation of Plate's Deformation Using Discrete Surfaces, *Materials Processing and Design: Simulation and Application*, NUMIFORM, 2004, OHIO State University, American Institute of Physics 0-7354-0188-8, pag. 1007-1010
- [3.19] Paunoiu, V., Nicoară, D., Tehnologii de presare la rece a tablelor, Editura Cartea Universitară, București, 2004, ISBN 973-7956-02-8, 320 pag
- [3.20] Gavan, E., Paunoiu, V., Dimache, A., Comparative Study for Single-Curved Plates Forming with Continuous and Reconfigurable Die-Punch Assembly, *Analele Universității Dunărea de Jos din Galați*, fasc. V, 2004, pag. 81-85, ISSN 1221-4566
- [3.21] Gavan, E., Paunoiu, V., Dimache, A., Cylindrical Thick Plate Forming with Reconfigurable Die-Punch Tool, *TMCRC, Chișinău*, 20035, pag. 400-404, ISBN 9975-9975-3-2
- [3.22] Belytschko, T., Liu, W.K., Moran, B., *Finite Elements for Nonlinear Continua and Structures*, Wiley, New York (1996).
- [3.23] Karafillis, A.P., Boyce, M.C., Tooling and binder design for sheet metal forming processes compensation springback error, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 36 (1996), pag. 503–526

- [4.1] Adams, G.P., Beard, J.E., *Comparison of Helical and Skewed Axis Rotor Pumps*. În: *Mech. Mach. Theory*, vol. 32, no. 6, 1997, pag. 729-742.
- [4.2] Adams, G.P., Soedel, W., *Computation of Compression Loads in Twin Screw Compressors*. În: *Transactions of the A.S.M.E.*, vol. 117, 1995, pag. 512-519.
- [4.3] Borzan, M., *Contribuții privind influența sculei de ordinul II asupra preciziei de prelucrare a pieselor cu profil riglat*. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 1996.
- [4.4] Gohman, H.I., *Teoria začeplenia, obobsčenaia i razvitia putem analiza*. 1876, Odessa, Rusia.
- [4.5] Ishibashi, A., Yoshino, H., *Design and Manufacture of Gear Cutting Tools and Gears with an Arbitrary Profile*, În: *JSME International Journal*, vol. 30, 1987, pag. 1159-1166.
- [4.6] Joppolo, C.M., *I compressorii recenti sviluppi tecnologici ed applicativi*. În: *Macchine frigorifere per la climatizzazione*, Padova, n.7 – 1997, pag. 2-15.
- [4.7] Litvin, F. L., Feng, P. H., *Computerized Design and Generation of Cycloidal Gearing*. În: *Mech. Machining Theory*, vol. 31, No. 7, 1996, pag. 891-911.
- [4.8] Litvin, F. L., Fuentes, A., Demengo, A., Vecchiato, D., Fan, Q., *New Developments in the Design and Generation of Gear Drives*. În: *Journal of Mechanical Engineering, Proc. Instn. Mech. Engrs.*, vol. 215, Part C, 2001, pag. 747-757.
- [4.9] Litvin, F. L., Fuentes, A., Gonzales-Perez, I., Carvenali, L., Kawasaki, K., Handschuh, R. F., *Modified Involute Helical Gears: Computerized Design, Simulation of Meshing and Stress Analysis*. www.elsevier.com/locate/cma
- [4.10] Litvin, F. L., Kuan, C., J. Kieffer, R. Bossler and R.F. Handshuh, *Straddle Design of Spiral Bevel and Hypoid Pinions and Gears*. În: *ASME J. Mechanical Design*, 113(4), pag. 422-426, 1991.
- [4.11] Sharif, K. J., Kong, S., Evans, H. P., Snidle, R. W., *Contact and Elastohydrodynamic Analysis of Worm Gears. Part 1 : Theoretical Formulation*. În: *Journal of Mechanical Engineering, Proc. Instn. Mech. Engrs.*, Vol. 215, Part. C, 2001, pag. 817-830.
- [4.12] ANTONIADIS & cop. Fatigue Fracture Investigation of Cemented Carbide Tools in Gear Hobbing, *Journal of manufacturing Science and engeneering* vol 124 NOV 2002 pag. 784-791
- [4.13] Manjunathalah, Jairam & comp., A New Model and Analysis of Orthogonal Machining with an Edge- Radiused Tool , Dep. of Mech. Eng and Applied Mechanics, University of Michigan ,Trans. ASME , vol 122, Aug. 2000 pag 384-390
- [4.14] Slatineanu , L. Contributii la studiul prelucrabilitatii prin aschiere a unor oteluri romanesti , teza de doctorat IP IASI, 1980

- [4.15] Stetiu, M., Lazarescu, I.D., Oprean, C., Stetiu, G., Teoria si practica sculelor aschietoare, vol 3, Ed. Univ. din Sibiu ISBN 973-95604-3-1
- [4.16] Georgescu, V. s.a Le chargement de tranchantes de pointe des dents de la fraise helicoidale, In Buletinul Universitatii din Galati Fascicola 5 din 1981 pag 29

Anexe

E. Inventii realizate in cadrul proiectului

1. Cuzmin C., Epureanu A., Banu M., Teodor V., Marinescu V., Marin F. B., *Metoda si echipament de conducere dimensionala bazata pe monitorizarea campului termo-mecanic* - Dosar Nr. A 00255/12.04.2007.

Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și echipamentul corespunzător destinate conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, pe baza monitorizării câmpului termo-mecanic în timpul procesului de prelucrare. Modificările câmpului termo-mecanic în timpul prelucrării sunt corelate cu erorile de prelucrare apărute în lungul traiectoriei sculei. Această corelație este identificată pe baza datelor obținute din monitorizarea sistemului tehnologic în cursul prelucrării pieselor anterioare. Modelul obținut este folosit pentru prognoza erorii la piesa curentă. Eroarea prognozată este compensată folosind sistemul de conducere numerică. În acest fel eroarea de prelucrare depinde doar de precizia cu care s-a realizat prognoza.

Invenția se aplică la prelucrarea mecanică a unui lot de piese prin așchiere pe sisteme de prelucrare cu comanda numerică.

2. Epureanu A., Marinescu V., Ghita E., Oancea N., Teodor V., Banu M., *Robot reconfigurabil de masurare* - Dosar Nr. A 00627/06.09.2007

Rezumat:

Prezenta invenție se refera la o noua constructie de robot destinat masurarii dimensiunilor obiectelor.

Se cunosc masinile de masurat in coordonate, fixe sau portabile, care presupun explorarea succesiva a suprafetei de masurat, folosind un palpator cu cap sferic, si calculul, pe baza rezultatelor obtinute prin explorare, a deviatiiilor de forma, dimensiune si pozitie relativa ale suprafetei. Atat masinile fixe cat si cele portabile sunt compuse dintr-un numar fix de elemente, cuplate prin intermediul unor elemente de conectare, care se pot roti sau transla unul fata de altul. In fiecare element de conectare exista un traductor, care masoara distanta sau unghiul dintre cele doua elemente conectate. La unul dintre capete se afla palpatorul, care exploreaza suprafata de masurat, iar celalalt capat este fixat pe acelasi suport ca si obiectul. Numarul de elemente de cuplare trebuie sa fie destul de mare, pentru ca palpatorul sa poata explora suprafetele de interes, ale acelui obiect aflat in campul de lucru al masinii care are cea mai complicata forma si cea mai mare dimensiune.

Prin intermediul calibrării – proces care se desfășoară separat față de procesul de măsurare și care constă în explorarea unor obiecte de referință – se estimează parametrii modelului matematic al masinii de măsurat. Acest model permite calculul coordonatelor centrului sferic al palpatorului, funcție de valorile distanțelor și unghiurilor măsurate de traductoare.

Pentru măsurarea unei suprafețe, operatorul trebuie mai întâi să stabilească numărul de puncte care vor fi explorate pe respectiva suprafață și să introducă în sistem, în mod explicit și independent, următoarele informații: tipul suprafeței de măsurat, (de exemplu cilindrică, plană, conică, etc.), caracterul acesteia (interioară sau exterioară) și caracteristicile geometrice ale palpatorului. Apoi, trebuie să exploreze suprafața după un algoritm impus (de exemplu, în cazul unei suprafețe cilindrice, primele trei puncte trebuie să se afle pe un arc de cerc de cel puțin 120 de grade, iar următoarele 3 puncte trebuie să se afle pe un alt arc de cerc deasemenea de 120 de grade). După ce operatorul a explorat numărul de puncte stabilit, trebuie să dea comanda de evaluare a caracteristicilor geometrice ale suprafeței explorate (de exemplu diametrul suprafeței cilindrice sau deviația acestuia în raport cu valoarea nominală).

Actualele constructii de masini portabile de masurat au urmatoarele dezavantaje:

- in majoritatea cazurilor de masurare, numarul de elemente ce compun structura respectivei masini de masurat este mult mai mare decat minimul necesar; in consecinta, eroarea de masurare este mai mare iar utilizarea de catre operator al masinii este mai dificila;
- calibrarea este sofisticata, imprecisa si cere mult timp;
- eroare de masurare este de aproximativ de 10 ori mai mare decat eroarea de repetabilitate, ceea ce inseamna ca nu se utilizeaza in intregime performantele de precizie ale traductoarelor din elementele de cuplare;
- pentru a pune in practica procedura de masurare a unei dimensiuni, operatorul trebuie sa intreprinda un numar mare de actiuni care face ca procesul de masurare sa fie complicat si sa necesite mult timp.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este realizarea unui robot de masurare, care, fiind mai bine adecvat formei si dimensiunilor obiectului de masurat. sa asigure un proces de masurare mai precis si cu mai putin efort din partea operatorului.

Prezenta inventie elimina dezavantajele de mai sus prin aceea ca:

- a) pentru a corela configuratia robotului de masurare, cu forma si dimensiunile obiectului masurat, acesta are o structura variabila, care se obtine prin cuplarea dupa necesitati a mai multor elemente, astfel incat sa se obtina un sistem articulata, avand doua sau mai multe extremitati, in fiecare articulatie aflandu-se un traductor, care masoara unghiul de rotatie al respectivei articulatii, si la fiecare extremitate aflandu-se un element adecvat, pentru a asigura contactul cu obiectul sau cu suportul acestuia;
- b) in timpul explorarii suprafetei de masurat, se recunosc automat elementele geometrice masurate, care pot fi de tip punct, linie dreapta, cerc, plan, sfera, cilindru, con, se determina automat caracterul acestora, de suprafata interioara sau exterioara, compensandu-se automat raza palpatorului folosit pentru explorarea suprafetei;
- c) pentru a reduce erorile de masurare, procesul de calibrare al robotului este integrat cu procesul de masurare, ceea ce permite ca, periodic, in cursul masurarii unei anumite suprafete a piesei, sa se obtina, la comanda operatorului, atat modelul matematic al suprafetei explorate, cat si o forma actualizata a modelului matematic al robotului, forma care sa tina cont de evolutiile aparute in ceea ce priveste valorile parametrilor modelului matematic al robotului.

3. Cuzmin C., Epureanu A., Cuzmin G., Banu M., Marinescu V., Oancea N., ***Freza-melc modul toroidala pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare si exterioare cu dinti drepti si inclinati*** - Dosar Nr. A 00254/12.04.2007

Rezumat:

Inventia se refera la problema identificarii geometriei procesului de generare a rotilor cilindrice cu profil evolventă, dințate interior sau exterior, cu dinți drepti sau înclinați cu diferite mărimi ale deplasării de profil. Rezultatul identificării este un model cinematic al procesului de generare prin frezare cu freza-melc și o construcție de freză-melc toroidală care, împreună cu o mașină de frezat danturi cilindrice prin rulare, permite materializarea modelului cinematic. Construcția frezei melc satisface dezideratul de a fi convertibilă și deci utilizabilă în cazul unor mașini unelte reconfigurabile.

Freza-melc modul toroidală pentru prelucrarea danturilor cilindrice interioare și exterioare este formată dintr-un corp pe care dinții sunt dispuși pe o elice toroidală cu pas unghiular constant și a cărei directoare este un arc de cerc, în planul de degajare profilul dinților este evolventă și este generat prin rulare cu o cremalieră generatoare, unghiul de așezare principal se obține prin detalonare radială în raport cu centrul directoarei care este în arc de cerc, unghiul de așezare lateral în lungul dintelui se obține prin variația grosimii dintelui datorită modificării continue a mărimii deplasării de profil în procesul de detalonare.

Este cunoscută freza-melc la care profilul unui dinte central copiază profilul golului dintelui roții cilindrice dințate interior, ceilalți dinți au o formă aproximativă și au rol de degroșare. Mai este cunoscută freza-melc pentru danturat roți cilindrice dințate interior la care profilul evolventă al dinților este pe fața elicoidală de degajare și care este normală pe elicea de dispunere a dinților.

Dezavantajele acestor freze-melc cunoscute constau în aceea că:

- prelucreează prin copiere numai dantura pentru care a fost proiectată;
- generarea greoaie a profilului evolventă al dinților frezei-melc pe suprafața de degajare elicoidală;
- precizie redusă a profilului generat.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în construcția unei freze-melc care să genereze prin rulare roți cilindrice dințate interior sau exterior cu profil evolventă, având număr diferit de dinți, diferite mărimi ale deplasării de profil, cu dinți drepti sau înclinați.

Freza-melc toroidală înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că dinții cu profilul evolventă sunt dispuși pe o elice toroidală a cărei directoare într-un plan înclinat în raport cu axa frezei-melc este arcul cercului de divizare al unei roți generatoare imaginare, profilul evolventă al dinților este în planul directoarei, unghiul de așezare lateral în lungul dintelui se obține prin variația grosimii dintelui în lungul său, datorită variației continue a mărimii deplasării de profil și rezultă în procesul de generare cu profilul cremalierii generatoare.

4. Cuzmin C., Epureanu A., Oancea N., Marinescu V., Banu M., **Strung universal reconfigurable** - Dosar Nr. A 00577/13.08.2007

Rezumat:

Invenția se referă la construcția și cinematica unui nou tip de strung universal reconfigurable ce rezolvă problemele legate de strunjirea atât a suprafețelor profilate longitudinal, cât și a suprafețelor profilate transversal. În plus, strungul propus este capabil să realizeze detalonarea unor freze-melc profilate longitudinal (de exemplu detalonarea unei freze-melc globoidale).

Strungul universal reconfigurable are un grad ridicat de universalitate, care permite ca, folosind o unică mașină, să poată fi prelucrate toate tipurile de suprafețe cilindrice, conice sau elicoidale.

La prelucrarea suprafețelor profilate longitudinal, inclusiv arbori în trepte, sania portcuțit poate orienta scula în raport cu suprafața prelucrată astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor κ și κ_1 să poată fi controlate după necesitate (de exemplu să fie menținute constante).

La prelucrarea suprafețelor prelucrate transversal, sania portcuțit orientează scula în raport cu suprafața prelucrată, astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor α și γ să poată fi controlate după necesitate.

La prelucrarea suprafețelor de așezare ale sculelor detalonate, cele patru mișcări oferite de modulele care compun strungul pot fi corelate folosind un interpolator reconfigurable, astfel încât să se controleze direcția de detalonare (axial, radial, altă direcție), legea de detalonare (arhimedică, logaritmică, altă lege), profilul suprafeței pe care este dispusă elicea dinților sculei (de exemplu circular pentru o freză melc globoidală), profilul transversal al dinților sculei (de exemplu profilul evolventic al unei freze-melc globoidale), precum și înclinația canalelor dinților sculei (eventual forma elicoidală a acestora).

Din cauză că poziția sculei în raport cu normala la profilul piesei în punctul curent poate fi menținută mereu aceeași, punctul generator al profilului nu se schimbă în timpul generării și de aceea nu se impune ca, la reascuțirea cuțitului, profilul muchiei tăietoare al sculei să nu se modifice, evitându-se astfel apariția unor erori de generare cauzate de imperfecțiunea profilului rezultat după reascuțire.

5. Epureanu A., Dima M., Teodor V., Eugen G., Oancea N., **Dispozitiv pentru realizarea arborilor poliformi cu aplicatie la masinile reconfigurable** - Dosar Nr. A 00575/13.08.2007

6. Dima M., Epureanu A., Teodor V., Oancea N., **Cuțit roata pentru danturare** - Dosar Nr. A 00982/2006

Rezumat:

Prezenta invenție se referă la un cuțit-roată cu dinți drepți pentru danturarea roților dințate prin mortezare.

Sunt cunoscute cuțite-roată monobloc, cu dinți drepți și profil evolventic, la care dimensiunile dinților în secțiunea de referință sunt determinate de modulul roții de danturat.

Dezavantajele acestor cuțite-roată constau în aceea că sunt scule destinate unei familii de roți dințate de același modul, care lucrează după o schemă de așchiere neoptimizată, care conduce la o mare neuniformitate a mărimii forței principale de așchiere la danturare; de asemenea uzura sau distrugerea accidentală a unui dinte compromite utilizarea sculei, micșorând durabilitatea totală a cuțitului-roată.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în diminuarea mărimii forței de așchiere la danturare prin realizarea unui cuțit-roată cu dinți amovibili și geometrie modificată.

Cuțitul-roată, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că, în scopul diminuării mărimii forței principale de așchiere la danturare și creșterii durabilității totale a sculei are dinți tăietori individuali și amovibili, cu față frontală activă evolventică, scurtați radial după o lege prestabilită prin modelarea numerică a procesului de danturare, și montați rigid pe un corp comun în poziții corespunzătoare pasului circular al danturii.

Cuțitul-roată conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- asigură o lege de variație a mărimii ariei așchiei detașate care permite o reducere a mărimii maxime a forței principale de așchiere;
- posibilitatea schimbării individuale a dinților uzați sau distruși accidental;
- construcția asigură o utilizare rațională a oțelurilor de scule, din care se realizează numai dinții amovibili ai sculei;
- pe același corp al sculei se pot monta seturi de dinți cu geometrie frontală diferită, realizându-se astfel un cuțit-roată cu geometrie reconfigurabilă;

7. Epureanu A., Dima. M, Constantin E., Capatana N., **Scula-melc pentru danturare** - Dosar Nr. A 00983/2006

Rezumat:

Invenția se referă la o sculă-melc pentru prelucrarea roților dințate evolventice cu dantură exterioară.

Sunt cunoscute sculele-melc monobloc, cu dinți dispuși uniform pe o elice cilindrică de pas constant, care materializează în mișcarea de rulare cremaliera de referință; de asemenea, sunt cunoscute sculele-melc FREDAROM cu dinți amovibili ce au drept scop reducerea neuniformității mărimii instantanee a ariei așchiei detașate și, implicit, a mărimii forței de așchiere.

Dezavantajele acestor scule constau în aceea că nu permit optimizarea schemei de așchiere în funcție de numărul de dinți ai roții prelucrate, conducând la o mare neuniformitate a mărimii instantanee a ariei așchiei detașate, cu repercusiuni directe asupra neuniformității mărimii forței de așchiere la danturare și a durabilității sculei.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în uniformizarea variației mărimii forței de așchiere la danturare prin realizarea unei freze-melc cu dinți amovibili dispuși neuniform în lungul unei elice cilindrice.

Scula-melc, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că, în scopul uniformizării mărimii forței de așchiere și creșterii durabilității sculei, dinții așchietori succesivi, cu aceeași formă și dimensiuni, sunt poziționați neuniform în lungul unei elice cilindrice, după o lege

prestabilită prin modelarea numerică a mărimii instantanee a ariei aşchierii detaşate, permiţând astfel optimizarea schemei de aşchiere în funcţie de numărul de dinţi ai roţii prelucrate, asigurând capacitatea de reconfigurare a sculei.

Scula-melc, conform invenţiei, prezintă şi alte avantaje precum:

- dinţii amovibili pot fi montaţi în oricare poziţie în locaşurile de pe corp, astfel dinţii uzaţi pot căpăta funcţii de degroşare;
- numai dinţii amovibili se realizează din oţeluri de scule, asigurându-se astfel o utilizare raţională a materialului de scule;
- uniformizarea mărimii forţei de aşchiere datorată modificării schemei de aşchiere permite intensificarea regimurilor de lucru.

8. Epureanu A., Dima M., Teodor V., Oancea N., **Cuţit-pieptene pentru danturare** - Dosar Nr. A 00706/2.11.2006.

Rezumat:

Invenţia se referă la un cuţit-pieptene, cu dinţi repositionabili, pentru prelucrarea prin rulare a roţilor dinţate cilindrice, cu dantură exterioară.

Sunt cunoscute cuţite-pieptene monobloc, cu unul sau mai mulţi dinţi, cu geometrie identică, ce materializează, în mişcarea de aşchiere, cremaliera generatoare.

Mai sunt cunoscute cuţite-pieptene pentru danturare cu dinţi având muchiile de aşchiere armate cu carburi metalice, în scopul măririi durabilităţii sculei.

Dezavantajele acestor scule pieptene pentru danturare constau în aceea că sunt scule destinate prelucrării unei familii de roţi dinţate, de acelaşi modul, lucrând după o schemă de aşchiere care nu poate fi modificată, conducând la o mare neuniformitate a mărimii ariei aşchierii detaşate, în cadrul unui ciclu de rulare cu repercusiuni directe asupra neuniformităţii forţei principale de aşchiere la mortezare.

Cuţitul-pieptene, conform invenţiei, înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că în scopul îmbunătăţirii uniformităţii mărimii forţei de aşchiere şi creşterii durabilităţii sculei, dinţii aşchietori succesivi, realizaţi sub forma unor cuţite simple independente, sunt poziţionaţi, în raport cu dreapta de divizare a cremalierii generatoare, permiţând, astfel, modificarea schemei de aşchiere, astfel că unii dinţi realizează numai degroşarea golurilor succesive ale dinţilor roţii prelucrate, uniformizând mărimea forţei principale de aşchiere, în cadrul unui ciclu de rulare. Cuţitul-pieptene, conform invenţiei, prezintă şi alte avantaje precum:

- cuţitele individuale pot fi montate în oricare poziţie pe corp, astfel cuţitele uzate, pot căpăta funcţii de degroşare;
- uzura unui cuţit individual nu influenţează precizia generării flancului evolventic;
- urmărindu-se o anumită reducere a mărimii forţei de mortezare, poate fi stabilit numărul minim de cuţite individuale, în funcţie de numărul de dinţi ai roţii prelucrate;
- construcţia asigură o utilizare raţională a oţelului rapid din care se realizează numai partea activă a sculei.

9. Marin F.B., Epureanu A., Marinescu V., Banu M., Maier C., Oancea N., **Hard disk destinat sistemelor incorporate de conducere a masinilor unelte reconfigurabile** – Dosar Nr. A 00626/6.09.2007.

Rezumat:

Prezenta invenţie se referă la o nouă arhitectură şi un nou procedeu de tratare a erorilor de citire a hard-diskurilor destinate sistemelor incorporate de conducere a masinilor unelte, care să fie mai bine adaptate condiţiilor din mediul industrial specific în care acestea funcţionează.

Sistemele incorporate folosite pentru conducerea masinilor unelte includ componente ale calculatorului, care sunt supuse unui regim de lucru foarte greu. Datorita faptului ca hard-diskul este un dispozitiv alcatuit din componente mecanice foarte sensibile, prezenta vibratiilor si a variatiilor de temperatura duce la defectarea frecventa a acestuia. Exista diferite solutii cu privire la folosirea calculatoarelor in mediul industrial, cum ar fi folosirea de bariere de vibratii, amortizoare de soc, etc.

Se aplica de asemenea ideea de a indeparta pe cat posibil sistemul de procesare, implicit hard-diskul fata de sursele de vibratii si de caldura. In momentul actual, cand se aplica metode adaptive online, vedere artificiala, etc., apare necesitatea ca sistemul informatic sa proceseze foarte rapid informatia iar calculatorul industrial sa fie parte din sistemul incorporat de conducere, deci distanta fizica sa fie cat mai mica cu putinta.

Defectiunile ce pot sa apara din cauza vibratiilor, cum ar fi defectarea hard-diskului si a sistemului informatic, duc la stoparea si intarzierea productiei, dar, mai grav, la pierderea de date.

Mediul magnetic al unui hard-disk include o zonă de informații servo (servo area), o zonă de date, reprezentată în mod obligatoriu de mai multe sectoare, care se află pe prima pistă, și zone de micro servo, informație care se află între două sectoare succesive, așa cum se arată în figura 1.

Zonele de micro servo servesc la identificarea sectorului care se accesează pentru a utiliza datele pe care acesta le conține, și memorează variii coduri de paritate pentru a determina integritatea datelor acestuia. La comanda de citire a unui sector, softul intern al hard-diskului trimite comanda de poziționare pe sectorul comandat. Aceasta duce la deplasarea capului de citire într-o poziție aproximativă, întrucât actuatorul nu are rezoluția atât de mare pentru poziționarea exactă, și apoi la căutarea în vecinătate a acelei piste unde se află sectorul căutat. În cazul în care apar erori de identificare a sectoarelor, actuatorul hard-diskului nu mai poate accesa un sector sau chiar toată suprafața magnetică a discului, datorită faptului că nu se poate poziționa exact pentru a citi pistele de servo, deși datele înmagazinate în acestea nu sunt corupte. Erorile de citire a pistei servo (care este formată la rândul ei din sectoare, identificate de zone de micro-servo) și a sectoarelor sunt cauzate de imposibilitatea identificării sectoarelor prin citirea zonelor de micro servo.

În prezent, arhitectura hard-diskurilor presupune că bratul actuatorului să aibă o poziție de calibrare, îndepărtată față de pozițiile de citire, ce corespunde cu cea de parcare. În scopul citirii unei piste, din această poziție bratul se poate roti într-o poziție aproximativă și poate citi într-un singur sens sectoarele hard-diskului. Din cauza faptului că poziția de citire nu este exactă, după poziționare, are loc un proces de căutare a pistei ce trebuie citită. Ratarea citirii, provocată de coruperea informației de micro servo, se tratează prin reluarea acestui algoritm, începând cu aducerea bratului în poziția de calibrare.

Este posibil ca, după mai multe tentative de citire, acesta să poată identifica corect pista căutată, dar sistemele de operare moderne, ca urmare a fluxului mare de cereri către hard-disk, se blochează, datorită întârzierii mari. De exemplu, dacă apar mai multe sectoare care au întârzieri de ordinul a 700 ms și hard-diskul reușește să citească pe acestea, atunci, datorită întârzierii totale care ajunge la nivelul de zeci de secunde, sistemul de operare se blochează. Un alt scenariu îl reprezintă secvența de identificare a hard-diskului la pornirea sistemului. BIOS-ul chestionează hard-diskul cu privire la informațiile care îl descriu, iar acesta, neputând identifica pista 0 sau reușind acest lucru cu întârzieri semnificative, nu poate fi identificat de către BIOS. Rezultă de aici incapacitatea de accesare a datelor stocate pe acesta.

Din aceste motive, actualmente apar următoarele situații posibile

- 1) la coruperea primei piste de servo toată informația de pe hard-disk este inaccesibilă;
- 2) datele stocate, după o zonă formată din sectoare ce nu pot fi accesate, devin inaccesibile, pentru că softul intern al hard-diskului intră într-o buclă de calibrare (constând în aceea că actuatorul se poziționează la unghiul maxim după care revine, măsurând cu ajutorul senzorului inductiv poziția, și căutând apoi sectorul) și, consumând timp considerabil pentru parcurgerea acesteia, face ca sistemul de operare să se blocheze;

Sistemele actuale de pozitionare a actuatorului hard-diskului, in functie de informatia de servo, prezinta dezavantajul ca eficienta de tratare a rateurilor este scazuta.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este eficientizarea actiunii de accesare a sectoarelor, in cazul in care exista coruperea zonelor de microservo, prin intermediul unei noi arhitecturi a hard-diskului si a unui nou procedeu de tratarea rateurilor de citire.

Arhitectura hard-diskului si procedeu de tratare a rateurilor de citire, potrivit inventiei, determina cresterea eficientei de tratare a rateurilor de citire cauzate de coruperea zonelor de micro-servo, prin aceea ca, bratul actuatorului are doua limitatoare mecanice de calibrare, ambelor corespunzand cu precizie pozitiei de citire a pistei servo (pista 0), si capul de citire de pe brat poate citi in ambele sensuri (crescator sau descrescator) sectoarele de pe suprafata platanului, fara schimbarea sensului de rotatie a acestuia, iar procedeu de tratare a unui rateu de citire consta in recalibrarea bratului actuatorului folosind celalalt limitator de calibrare si citirea in celalalt sens a platanului.

10. Epureanu A., Marin F.B., Marinescu V., Banu M., Maier C., Oancea N., *Metoda si sistem incorporat pentru conducerea masinilor reconfigurabile* - Dosar Nr. A 00576/13.08.2006

Rezumat:

Prezenta inventie se refera la o metoda si un sistem incorporat destinat conducerii numerice adaptiv-optimale a masinilor unelte, in primul rand a celor reconfigurabile.

Sunt cunoscute sistemele de conducere numerica computerizata a masinilor unelte (CNC), cu ajutorul carora se realizeaza procesele de manufacturare a unor obiecte fizice.

In cazul acestor sisteme, prin programul piesa (elaborat in limbajul ISO G-code), se stabileste sirul actiunilor elementare pe care masina unealta trebuie sa le intreprinda, pentru a realiza ciclul de prelucrare a unui exemplar si, pentru fiecare actiune, se stabilesc valorile marimilor de stare, astfel incat sa fie satisfacute exigentele tehnice ale produsului rezultat, cum ar fi de exemplu rugozitatea sau precizia. Programul piesa este citit si executat instructiune cu instructiune de catre sistemul CNC al masinii. Operatorul monitorizeaza geometria obiectului prelucrat si desfasurarea procesului de prelucrare si, la nevoie, intervine in continutul programului piesa, modificand in mod adecvat parametrii regimului de lucru sau valorile unor constante ale programului piesa. De exemplu, la monitorizarea geometriei, constatand ca o anumita dimensiune a obiectului prelucrat a depasit sau este foarte aproape sa depaseasca limita campului de toleranta, operatorul modifica valoarea corectiei de scula. Un alt exemplu, daca la monitorizarea desfasurarii procesului constata aparitia vibratiilor autoexcitate, atunci intervine pentru reducerea vitezei de aschiere, pana la disparitia acestei vibratii. Elaborarea programului piesa corespunzator procesului de prelucrare a unui anumit obiect fizic, cu ajutorul unei anumite masini unelte CNC si folosind un anumit echipament tehnologic poate fi manuala sau asistata de calculator pe baza unui produs informatic CAM.

Metodele si sistemele de conducere numerica a proceselor de manufacturare prezentate mai sus au urmatoarele dezavantaje:

- Interventia operatorului in conducerea procesului, ca urmare a monitorizarii, poate consta doar in modificarea parametrilor procesului sau a constantelor programului; dupa modificare, atat parametrii cat si constantele raman nemodificate in continuare pe tot parcursul executarii respectivei fraze. De exemplu, in cazul unei fraze ce comanda strunjirea unei suprafete cilindrice, modificarea corectiei de scula implica modificarea diametrului pe toata lungimea acesteia; ca urmare, o eroare manifestata prin conicitatea suprafetei cilindrice nu poate fi corectata. Deasemenea, valoarea avansului la prelucrarea acestei suprafete va fi intotdeauna constanta, desi adaosul de prelucrare variaza in lungul axei suprafetei.

- Programul piesa cuprinde prezentarea actiunilor ce trebuie comandate pentru ca, parametrii de calitate si eficienta ai produsului sa fie cei impusi. Aceasta inseamna ca programatorul trebuie sa

cunoasca cu precizie relatia dintre argumentele functiilor programate si parametri de calitate ai produsului; orice eroare a programatorului este subiect de corectie online aplicata de operator.

- Modificarea programului piesa este determinata de variatia marimilor de stare, sesizata in cursul monitorizarii, dar variatia in timp si spatiu a comportarii sistemului de manufacturare nu determina vreo modificare a programului piesa; altfel spus, conducerea nu este adaptiva, intrucat nu implica reconstructia periodica a modelului matematic care leaga actiunea de modificare a programului cu variatia monitorizata a variabilelor de stare.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este aceea de a conduce o masina unealta CNC reconfigurabila, astfel incat efortul de programare sa fie diminuat, iar pe de alta parte conducerea sa fie optima, in sensul ca, in conditiile satisfacerii unui set de restrictii, productivitatea procesului sa fie maxima iar costul minim, si adaptiva, in sensul ca sa tina cont de evolutia in timp si spatiu a comportarii sistemului si a caracteristicilor semifabricatului.

Metoda si sistemul incorporat pentru conducerea proceselor de manufacturare, potrivit inventiei, inlatura dezavantajele de mai sus prin aceea ca, in scopul de a diminua efortul de programare si de a optimiza procesul de manufacturare, chiar in conditiile in care comportarea sistemului de manufacturare evolueaza in timp si spatiu, a) continutul informational al programului piesa consta in caracteristicile obiectului manufacturat si nu in succesiunea actiunilor ce trebuie intreprinse pentru obtinerea acestor caracteristici, b) ciclul de lucru al masinii este discretizat intr-un numar mare de secvente, astfel incat, in cursul unei secvente, modificarile marimilor de stare sa fie neglijabile, pentru ca valorile acestora sa poata fi considerate constante, apoi, c) pentru fiecare secventa, procesul de manufacturare este derulat virtual si, potrivit algoritmului de optimizare, sunt determinate valorile optime ale variabilelor de comanda, dupa care d) respectivele valori sunt comandate secvential in timp, astfel incat masina sa atinga succesiv aceste valori, urmand ca, e) prin monitorizarea procesului sa se determine corectiile valorilor optime ale variabilelor de comanda, in conformitate cu evolutia in timp si spatiu a comportarii sistemului de manufacturare si a modului cum se desfasoara procesul de manufacturare.

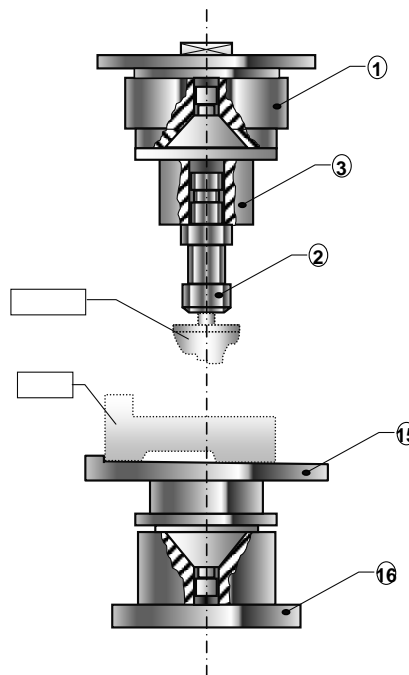
11. Tabacaru V., Banu M., Marinescu V., Maier C. - *Sistem modular de dispozitivare EDM* - Dosar Nr. A 00253/12.04.2007.

Rezumat:

Inventia se refera la un sistem modular de dispozitivare a electrozilor si pieselor pe masinile universale de prelucrare prin eroziune electrica EDM.

Sistemul de dispozitivare, conform inventiei, este format dintr-un dispozitiv port-electrod si un dispozitiv port-piesa. Dispozitivul port-electrod este conceput in sistem modular dintr-un modul de baza (1), care se fixeaza pe capul de lucru al masinii, module port-electrod (2), utilizate pentru centrarea-fixarea electrozilor de dimensiuni mici cu forma geometrica simpla, si module port-electrod (3), utilizate pentru centrarea-fixarea electrozilor de dimensiuni medii cu forma geometrica complexa.

Dispozitivul port-piesa este conceput in sistem modular dintr-un modul de baza (16), care se fixeaza pe masa de lucru a masinii si paleta port-piesa (15), utilizata pentru centrarea-fixarea pieselor metalice de dimensiuni medii.



12. Paunoiu V., Epureanu A., Maier C., Ciocan O., Banu M., Marinescu V., *Metoda de ambutisare si masina reconfigurabila de ambutisat* - Dosar Nr. A 00576/13.08.2007.

Rezumat:

Prezenta invenție se referă la o metodă de ambutisare și la o mașină reconfigurabilă de ambutisat a semifabricatelor sub formă de table subțiri, pentru realizarea unor piese spațiale, de configurație complexă, de tipul celor destinate caroseriilor auto.

Mașina conform invenției se caracterizează prin aceea că are o placă de reținere elastică și un circuit hidraulic care asigură o presiune suficient de mare pentru a crea o stare de tensiuni și deformații favorabilă în zona de contact dintre elementele active și semifabricat, forma suprafețelor active generate de elementele active de ambutisare poate fi modificată on-line în funcție de mărimea tensiunilor și deformațiilor din material până la obținerea formei finale a piesei ambutisate. Poansonul și placa de ambutisare, formează un subansamblu de construcție specială, reconfigurabil. Mașina este constituită din două subansamble, superior mobil și inferior fix. Cele două subansamble se ghidează prin intermediul unor coloane de ghidare. Subansamblul superior este acționat de un număr de cilindri hidraulici. Subansamblul inferior se sprijină pe o placă de bază. Cele două subansamble sunt identice din punct de vedere constructiv. Subansamblul superior materializează poansonul de ambutisare iar cel inferior placa de ambutisare. Pe cele două subansamble sunt montate două plăci de reținere elastice, prevăzute cu garnituri de etanșare. Asupra acestora se aplică forțe variabile cu ajutorul unor cilindri hidraulici de reținere. În interiorul plăcilor de reținere sunt poziționate elementele active discrete cu cap sferic, sub forma unor cilindri acționați hidraulic, care materializează suprafața activă de lucru și care se pot deplasa axial controlat. Elementele active sunt montate pe câte o placă de fixare. Placa de fixare, corpul, rețeaua de elemente active și cilindrii hidraulici de reținere, placa de reținere și semifabricatul formează o incintă în care este introdus agentul hidraulic sub presiune. Reconfigurarea plăcii active compuse din elementele active discrete constă în efectuarea unei deplasări axiale controlate, cu o mărime bine determinată, a fiecăruia în parte și conservarea poziției obținute în urma acestei deplasări. Pentru aceasta se folosește câte un circuit hidraulic pentru fiecare element activ, atât deplasarea cât și presiunea fiind comandate numeric.

13. Ciocan O., Epureanu A., Paunoiu V., Nicoara D., Banu M., Dima M., *Echipament pentru ambutisare hidraulica reconfigurabila* - Dosar Nr. A 00850/2006.

Rezumat:

Invenția se referă la un echipament pentru ambutisarea hidraulică a semifabricatelor sub formă de table subțiri, pentru realizarea unor piese spațiale, complexe ca formă, de tipul celor destinate caroseriilor auto.

Echipamentul pentru ambutisarea hidraulică reconfigurabil, conform invenției, este alcătuit dintr-un corp, 1, în interiorul căruia este montat subansamblul plăcii de ambutisare format dintr-un anumit număr de pini identici, 2, amplasați în placa de ghidare, 3, care poate fi realizată în două variante, în construcție monobloc sau în construcție multistrat. Pini, 2, au o parte de ghidare cilindrică, de secțiune redusă și o parte de sprijin cu secțiunea majorată și suprafața de capăt de forma sferică. Rigiditatea pinilor, 2, respectiv blocarea deplasării lor axiale și menținerea poziției, în timpul procesului de ambutisare, este asigurată prin turnarea unei rășini termoreactive, 4, (neaderentă la suprafețe metalice), în stare lichidă și solidificarea ei în spațiul creat prin montarea capacului, 5, la partea inferioară a echipamentului.

14. Paunoiu V., Epureanu A., Maier C., Ciocan O., Banu M., Marinescu V., *Procedeu si echipament pentru controlul dimensional adaptiv al procesului de ambutisare cu matrite reconfigurabile* – (in curs de brevetare).

4. Rezumatul publicabil in romana si in engleza (maxim 3 pagini), din care sa rezulte gradul de noutate si elementele de dezvoltare economica ale intregului proiect

Proiect CEEEX 22-I03/2005

Rezumat:

In prezent, companiile care furnizeaza sisteme mecanice trebuie sa faca fata evolutiilor rapide ce au loc in lume, atat in domeniul tehnic, cat si cel economic sau comercial. Principalele evolutii sunt urmatoarele:

- *Globalizarea economiei*, avand drept consecinta accentuarea concurentei.
- *Individualizarea nevoilor*, ceea ce determina personalizarea produselor.
- *Dinamizarea capitalului*, ceea ce genereaza exigente sporite privind eficienta impusa investitiilor.
- *Discretizarea structurilor industriale si comerciale*, ceea ce face ca locul marilor intreprinderi sa fie luat de grupuri de IMM-uri independente.

Aceaste evolutii impun *un nou echilibru* intre economie, tehnologie si societate. Pentru a face fata concurentei in acest nou mediu economic, companiile trebuie sa fie capabile sa reactioneze rapid si cu cheltuieli minime la actualele solicitari ale pietei, care se caracterizeaza prin:

- cresterea *frecventei de introducere* a unor noi produse;
- reducerea *volumului comenzilor*;
- cresterea *varietatii produselor comandate*;
- schimbari in *continutul reglementarilor* guvernamentale (de exemplu cele legate de mediu sau de siguranta produselor);
- schimbari rapide in ceea ce priveste *tehnologiile de fabricatie* aplicate.

Solutia conceptuala pe care proiectul o ofera la aceasta provocare este dezvoltarea unei noi generatii de sisteme tehnologice, care sa aiba urmatoarele caracteristici definitorii:

- a) Sunt reconfigurabile, cu arhitectură hardware deschisă, realizate din module universale, mecatronice, cu sisteme incorporate de control in-situ;
- b) Au autoprogramare numerică in-cycle,
- c) Sunt cu calitatea și economicitatea controlate on-machine.
- d) Sunt cu conducere adaptivă, optimală, predictivă, on-line.

Solutia conceptuala este motivata de urmatoarele aspecte:

Modulele fiind *universale*, biblioteca de module pe care intreprinderea o are trebuie sa contina un numar mic de module; ca urmare numarul modulelor neutilizate la un moment dat este *restrans*, tinzand spre zero (chiar in conditiile unei productii de serie mica si foarte diversificata, asa cum este cazul actualmente pe piata); ca efect, *capitalul stagnant*, atat de mare in prezent, se diminueaza spre zero, iar *durata de recuperare* a investitiei se reduce la 4-5 ani, in loc de 15..20 de ani cat este in prezent.

Conducerea acestor sisteme tehnologice reconfigurabile are caracter *adaptiv*, in sensul ca, prin reidentificare periodica online, modelul de conducere urmareste evolutia in timp si spatiu a comportarii sistemului; pe de alta parte, conducerea are caracter *predictiv* intrucat *corectia precede aparitia erorii*.

Pe de alta parte, la aceasta noua generatie de sisteme tehnologice, potrivit proiectului, evolutia in timp si spatiu, atat a comportarii sistemului, cat si a caracteristicilor mecanice ori dimensionale ale semifabricatului, este surprinsa prin constructia unor modele *simple, localizate in spatiu, efemere*,

construite cu date recente, in loc de modele *complexe, generale, perene, construite din date istorice*, folosind actualele facilitati oferite de ICT (senzori wireless si supplyless, sisteme incorporate, tehnici data-mining, etc).

In dezvoltarea acestei noi generatii de sisteme tehnologice, echipa proiectului a plecat de la observatia ca, dupa reconfigurare, un sistem de fabricatie reconfigurabil *este practic un sistem nou*, foarte putin cunoscut, ce trebuie condus pentru fabricarea unui obiect, care este, de asemenea, *foarte putin cunoscut*. Intrucat, nici sistemul si nici obiectul nu sunt suficient cunoscute, este necesara dezvoltarea unor tehnici de *identificare on-line* a sistemului si procesului de prelucrare (indiferent deconstructia sistemului sau natura fizica a procesului: aschiere, deformare plastica, injectia maselor plastice, electroeroziune, presarea pulberilor etc.), finalizata cu obtinerea unui model, care sa reprezinte o descriere *la momentul curent* a interactiunii dintre cele doua elemente. *Modelul* astfel obtinut este folosit pentru *simularea* functionarii ansamblului, *prelucrarea virtuala* a produsului si elaborarea setului de comenzi preventive, necesare pentru *compensarea deviatilor* de orice fel, constatate in cursul prelucrarii virtuale.

Ideile conceptuale, pe care s-a bazat dezvoltarea acestei noi generatii de sisteme tehnologice, au fost concretizate in cazul sistemelor tehnologice de aschiere si de ambutisare, a caror functionare este controlata sub aspectul calitatii produsului si a economicitatii procesului.

Analiza pietei de masini tehnologice (cum ar fi masinile unelte, de exemplu) arata urmatoarele:

1. Aceste masini reprezinta o investitie importanta pentru cumparatorii lor.

2. Masinile unelte disponibile astazi pe piata sunt imbatranite conceptual din cauza ca: *i)* fiind proiectate pentru anumite tipuri de procese (strunjire, gaurire, frezare etc.), nu sunt utilizate in mod continuu, ceea ce face ca ciclul lor de viata sa fie *excesiv de lung*, uneori depasind 15-20 de ani; *ii)* astfel de masini, aflate deja in patrimoniul unei intrprinderi, nu pot fi valorificate altfel decat *prin utilizarea lor in continuare*, ceea ce afecteaza costul fabricatiei.

3. In aceasta situatie, cererea pentru masini unelte noi este redusa, ceea ce afecteaza furnizorii de masini unelte si ii impiedica pe acestia sa le realizeze la un cost scazut, lucru care influenteaza in continuare pe cumparatori.

Pe scurt, astazi, in piata masinilor unelte, viteza de parcurgere a circuitului economic este redusa, ceea ce afecteaza negativ rata profitului pentru toti actorii implicati (cumparatori si furnizori deopotriva).

Datorita flexibilitatii exceptionale, noua generatie de sisteme tehnologice, dezvoltata in cadrul proiectului, poate avea un impact considerabil asupra celor doi actori de pe piata, dandu-le acestora *competitivitate* si oferind pietei *dinamism*.

Este de asteptat ca impactul proiectului sa apara in urmatorii pasi:

Pasul 1 – Prezentarea rezultatelor proiectului la constructorii de masini unelte sau de alte masini tehnologice sa stimuleze interesul lor pentru sistemele tehnologice reconfigurabile. Partenerii proiectului au disponibilitatea a oferi consultanta pentru implementarea acestei noi generatii de sisteme tehnologice.

Pasul 2 – Constructorii de masini unelte vor fi interesati ca produsele lor sa fie reconfigurabile, pentru ca, in acest fel, cu un numar limitat de module, ei sa aiba posibilitatea de a satisface rapid si usor o gama larga de comenzi. Mai mult, intrucat modulele sunt universale, biblioteca de module este restransa continand un sortiment redus de module. In acest fel numarul de module identice care vor fi trebui fabricate creste, ceea ce va determina reducerea costurilor. Este de asteptat ca, insasi constructorii de masini unelte sa fie primii utilizatori ai sistemelor de prelucrare reconfigurabile, ceea ce va accelera procesul de perfectionare primara, specific oricarui produs nou.

Pasul 3 - Cumparatorii vor deveni mai competitivi (asa cum s-a aratat mai sus) pentru ca: *i*) vor fi mai bine adaptati la solicitarile foarte variate ale pietei; *ii*) costul materialului, al energiei, al manoperei si al capitalului vor fi considerabil reduse.

Pasul 4 – cumparatorii sistemelor tehnologice reconfigurabile vor fi capabili sa le utilizeze pe acestea “plug-and-play”, in multe cazuri, ceea ce va face ca: *i*) timpul in care masina functioneaza sa se apropie de timpul calendaristic; *ii*) sa scada durata de viata calendaristica a masinilor unelte, si ca urmare, timpul de recuperare a investitiei sa se reduca la 4-5 ani; *iii*) sa creasca rata profitului.

Pasul 5 – Constructorii de masini unelte vor incuraja furnizorii de componente (suruburi cu bile, ghidaje, senzori, etc), ca sa-si ajusteze oferta, reducand in acest fel costurile.

Project CEEEX 22-I03/2005

Resume:

Nowadays companies providing mechanical systems have to face fast evolution all over the world, both in the technical field and economical or trade ones.

The main trends are:

- economy globalisation implying severe competition ;
- customizing requirements, meaning product customization;
- high capital investing cycles, generating severe requirements concerning investment efficiency;
- industrial and commercial discretisation, resulting in big trusts being replaced by independent small business.

These evolutions establish a new balance between economy, technology and society. To handle knocking competition in this new economical environment, companies must react rapidly with minimum investments. The new market exigencies are described by the following features:

- increased frequency of new products release;
- reduced volume orders;
- increased products variety ordered;
- continuous changing for governmental laws (for instance those referring to environment or safety)
- rapid changes concerning manufacturing technologies used.

The concept this project is providing as a possible solution to such a challenge is to develop a new generation of technological systems, able to satisfy the following features:

- a) to be reconfigurable, with open architecture hardware and universal modules, mechatronically featured, with embedded control system, in-situ;
- b) to be in-cycle numerical self-programmable;
- c) the economical and quality issue are on-machine controlled;
- d) the control is defined as adaptive, optimized, predictive, online.

Concept solution is supported by the following aspects:

As modules are universal, small amounts of modules are available from the module store of a company; as a result, the number of unused modules at one specific time is low, tending to zero (even presuming a small and varied production series – which is the case with the nowadays manufacturing). Consequently, waste capital is decreasing to zero, and therefore investment recovery is reduced to 4-5 years instead of 15...20 years as it happens today.

This reconfigurable manufacturing system control is adaptive, i.e. by re-identifying online, the control model follows accurately the system behavior in time and space. Also the control is described as adaptive because correction is preceding error.

On the other hand, with this new generation of manufacturing systems, according to the project, the time and space evolution of both system behavior and blank mechanical or size characteristics are described by the building of *simple, placed- in -time, ephemeral , built –with-recent- data* models instead of *complex, general, perennial, built –with- historic- data* models, using the latest ICT facilities (wireless and supplyless sensors, embedded systems, data mining techniques, etc).

During the development of this new generation of manufacturing systems, the project team could observe that, after reconfiguration, a reconfigurable manufacturing system is practically a *new, very little known system* which must be controlled in order to manufacture an object which is also

very little known. Since neither the system nor the object is known enough, an on-line identification technique for both system and manufacturing process should be developed (irrespective of the system architecture or the process physical nature: cutting, plastic deformation, injection, electrodischarge etc.). The result of such a technique would be a model which represents the description at the current moment of the interaction between the two elements. The model thus obtained is used to simulate the operation of the entire assembly, virtual product manufacturing and evaluation of the preventive controls set, necessary to compensate for the deviations of any kind such as they are noticed during said virtual manufacturing.

The conceptual ideas the development of this new generation of manufacturing systems is based on have been implemented for the cutting and deep drawing processes the operation of which has been controlled in terms of product quality and process economic aspect.

The analysis of the manufacturing machines market (such as machine-tools market) shows the following: **1)** these machines represent important investments to the purchasers; **2)** the manufacturing machines available nowadays are, more often than not, quite old conceptually because: *i)* as they are designed for a certain type of manufacturing process they are not used continuously, which makes their life cycle excessively long – sometimes exceeding 10-12 years; *ii)* they cannot be turned into a good account but by keeping on being used, which further affects the cost of the physical objects they manufacture; **3)** in this situation the demand for new machines is lower, penalizing the manufacturing machine suppliers, and that is why the costs of the machines they manufacture becomes quite high which further affects the customers too.

In short, nowadays on the machine manufacturing market, the speed of running the economic loop is rather low which negatively affects the profit rate of all actors involved (purchasers, suppliers equally). The new generation of reconfigurable machining systems, *due to their exceptional flexibility*, may have a considerable impact as the two market actors are given *competitiveness* and the market is offered *dynamism*.

The milestones and steps taken to reach the project impact are as follows :

Step 1 - Upon completion of the project, the description of the prototype and presentation of the final outcome shall be disseminated to all important machines-tools builders and to other manufacturing machines builders in the EU, to stimulate their interest in new generation of reconfigurable machining systems. Consortium members will be available to provide counseling for the implementation of this new machines.

Step 2 - Manufacturing machines builders shall be interested that their products are reconfigurable because in this way, with a limited module library, they shall be able to fast and easy meet a wide range of orders. Moreover, since the module library is quite limited, the number of identical modules to perform shall increase thus resulting in lower costs. It is expected that they themselves be the first users of new generation of reconfigurable machining systems thus accelerating the process of primary improvement, specific to any new product. Also it is expected that after about one year after project completion to be European machine builders able to sell manufacturing machines of latest generation.

Step 3 – The purchasers shall become more competitive, as already shown, because: *i)* they will be better adapted to the market demands, *ii)* the costs of material, energy, man work and capital shall be considerable reduced.

Step 4 – The purchaser of a new generation of reconfigurable machining system shall be able to use it plug and play and on many occasions, which shall: *i)* increase the time component during which the machine operates with respect to the total calendar time; *ii)* decrease the calendar life time of the machine and therefore the time of investment reimbursement down to 4-5 years; *iii)* increase the profit rate.

Step 5 – At the level of European Research Area, new programs shall emerge for the purpose of disseminating the advantages of the new generation of reconfigurable systems in domains other than manufacturing and robotics, such as health and environment.

Step 6 - Manufacturing machines builders shall encourage the component (screws, guides, sensors etc.) suppliers to adjust their offer accordingly thus reducing the costs involved. On the other hand a special class of embedded systems (manufacturing embedded control systems) shall be developed which results in lower costs and improved components.

7. ANEXE – Prezentarea rezultatelor obtinute in urma actiunilor desfasurate in proiect

A. Cercetari stiintifice intreprinse

95. Cuzmin C., Frumusanu G., Marin F.B., Paunoiu V., Cuzmin G., Epureanu A., *Adaptive Dimensional Control System for Reconfigurable Machine-Tools.*, Vol. 1, Universitatea Tehnică a Moldovei, ISBN 978-9975-45-035-1, TCMR International Conference, Chisinau, 2007.

CULEGERE DE LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE
TEHNOLOGII MODERNE, CALITATE,
RESTRUCTURARE

Chișinău, mai 2007

ADAPTIVE DIMENSIONAL CONTROL SYSTEM FOR
RECONFIGURABLE MACHINE TOOLS

CIPRIAN CUZMIN, GABRIEL FRUMUȘANU,
FLORIN BOGDAN MARIN, VIOREL PAUNOIU,
GHEORGHE CUZMIN, ALEXANDRU EPUREANU

Key words: reconfigurable machine tools, online identification, dimensional dynamics

Abstract: The paper is presenting a method for online identification of the dimensional dynamics to be used for dimensional control of reconfigurable machining systems. The dimensional control is a key action in order to achieve quality desired for finite product. As diminishing deviation is accompanied with high costs, deviation compensation seems to be a better control of the process.

Introduction

Dimensional control is key action to obtain needed quality for finite product. For the control of dimensional deviations there are used two methods:

- a) diminishing of the deviation by reducing process parameters values or by performing several consecutive processes [3];
- b) deviation compensation by modifying programmed trajectory of the tool [2].

As reducing deviation presents the main drawback that is leading to increase of the cost, deviation compensation is a more suitable solution.

When a reconfigurable machine tool (RMT) is manufacturing a parts batch we can identify the machining system for its dimensional control using sensors system for acquisition of the measurement process values. In order to implement dimensional control system, the sensors are placed on the machine for monitoring the process and also measurement equipment is used to evaluate dimensional deviation. The signals transmitted by sensors will be recorded, and by processing the data, a control model will be developed to describe dimensional dynamics.

Deviation compensation emerged during the machining process is reached using a model which describes dimensional dynamics of machine tool, meaning the relation between dimensional changing of processed part and the values of process parameters. On the other hand, the behavior of machining system is changing significantly in time during the process, even for a small number of parts processed. This is the reason for that dimensional dynamics must reveal the changing in time of relation between parts dimensional variation and process parameters.

In literature there are presented several ways for achieving error compensation:

a) after the current part is processed its dimensional deviation is evaluated and the obtained value is used for deviation compensation of the next part of the batch;

b) the processing parameters are maintained at a constant level in order to obtain constant deviation and its value is compensated for all parts;

Many papers present methods to identify and compensate the error components and not the error at hole [1].

The method for identification of the dimensional behaviour of the RMT presented in this paper is willing to avoid some disadvantages namely:

- the data used to identify the dimensional behaviour of RMT is obtained by RMT monitoring during current process;
- behaviour description of the RMT is achieved, not by using a general model, but by using a simple model, locally applied;
- RMT model obtained by suggested method is following closely the evolution in time of the machine behaviour;
- deviation is modeled entirely, not only some of its components.

2. Description of adaptive dimensional control system

We may consider that, in the common case of processing by cutting, any analysis concerning the processing accuracy can be developed using the following surface system: initial surface, reference surface, target surface, programmed surface and final surface. The process is described as follows: knowing reference surface it is programmed the machine tool in order to obtain the target surface. After processing it is found that the obtained surface is not the target surface, but the intermediary surface. In order to operate necessary compensation, the programmed surface is the intermediary surface mirrored with the respect to target surface. This way, the final surface will be as close as possible to target surface. When processing next parts, in order to identify programmed surface, are taking into account the errors emerged to previous parts. As a conclusion, the current processing is taking into account the events evolution recently emerged in the process.

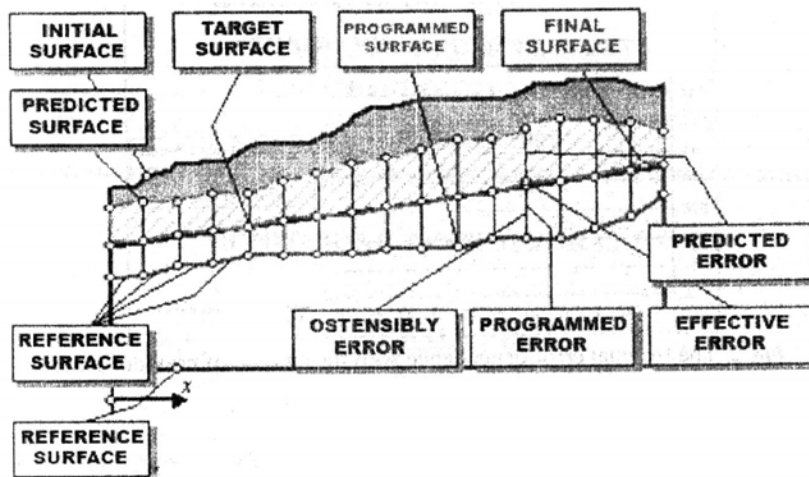


Fig.1. Dimensional control system

The difference between target surface and final surface it is the residual error.

Dependence between processing error ε and dimensional variation of the part can be approximated by linear function : $\varepsilon = K_1 \cdot \Delta D$, when K is a constant value. When processing next part, will be considered the value of the K as its mean value corresponding to the previous several parts. The some, it can be operated the approximation $\varepsilon = K_2 \cdot F$, when F is average force on an area of tool trajectory, and K_2 is a constant value.

3. Experimental research

The experimental research aims to study the importance of the amount of previous parts used for evaluate K value. As a result of the research we have used 87 parts, processed in the laboratory and we succeeded simulating dimensional control of the RMT for different scenarios. Figure 2 is depicting the result of data processing for two scenarios. We remark that, as the previous amount of parts is increasing, the residual error is increasing too and the performance of the adaptive dimensional control is diminishing.

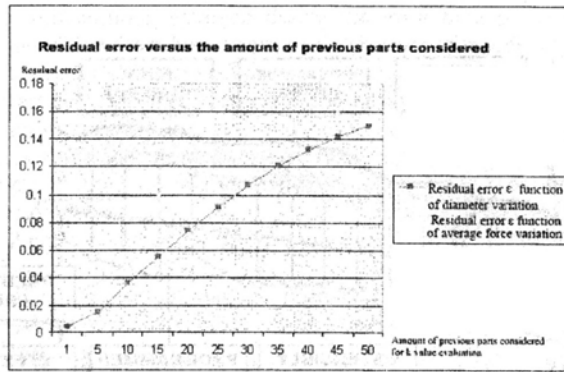


Fig. 2. The residual error dependence with the amount of previous parts considered

4. Conclusions

The proposed adaptive dimensional control system is leading to a good correlation between predicted error values and those measured. As effect of this result the workpiece accuracy is increasing several times.

Data analysis shows that the mathematical model proposed for dimensional control is more precise as the amount of previous parts considered is smaller.

Acknowledgement: The authors gratefully acknowledge the financial support of the Romanian Ministry of Education and Research through grants CEEX 22 and CEEX 23.

Received February 15th, 2007

"Dunarea de Jos" Galati University
 Department of Manufacturing Science and Engineering
 alexandru.epureanu@ugal.ro

BIBLIOGRAPHY:

1. Hong Yang, Jun Ni, Dynamic Modeling for Machine Tool Thermal Error Compensation, Journal of Manufacturing Science and Engineering -- May 2003 -- Volume 125, Issue 2, pp. 245-254
2. Kim, S., Landers, R.G., Ulsoy, A., Robust Machining Force Control With Process Compensation, Journal of Manufacturing Science and Engineering, August 2003, Volume 125, Issue 3, pp. 423-430.
3. Lian, R.J., Lin, B.F., Huang, J.H., A grey prediction fuzzy controller for constant cutting force in turning, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 45, Issue 9, July 2005, pp.1047-1056.

The Dimensional Dynamics Identification of Reconfigurable Machine Tools

CIPRIAN CUZMIN, VIRGIL TEODOR, NICOLAE OANCEA, VASILE MARINESCU,
ALEXANDRU EPUREANU
Department of Manufacturing Engineering
“Dunărea de Jos” University of Galați
Galați, no. 111 Domnească Street., zip code 800201
ROMANIA
ciprian.cuzmin@ugal.ro

Abstract: - The paper presents a new method for online identification of the dimensional dynamics to be used for the dimensional control of reconfigurable machining systems. The dimensional control is designed as adaptive and predictive.

The dimensional control of the reconfigurable machining system is a key action in order to achieve the quality desired for the finite product. As a diminishing deviation presents the disadvantage that reducing deviations are accompanied by high costs, the deviation compensation implies a better control of the process.

The deviation compensation emerged during the working process requires knowledge of a model which describes the dimensional dynamics of the machine tool, which is the relation between the dimensional changing of the processed part and the parameters of the process. On the other hand the behavior of the machining system evolution changes significantly in time even during the processing of a small number of parts processed. This is the reason that dimensional dynamics must reveal the changing in time of the relation between dimensional variation of the parts and the process parameters.

Key-Words: - reconfigurable machine tools, online identification, dimensional dynamics, dimensional control

1 Introduction

The dimensional control of the processing is a key action to obtain the needed quality for the finite product. There are used two techniques for controlling the dimensional deviation:

a) the diminishing of the deviation by reducing the values of the process parameters and the use several consecutive processing;

b) the deviation compensation by modifying the programmed trajectory of the tool.

As reducing the deviation presents the main drawback that leads to the increase of the cost, the deviation compensation is a more suitable solution.

The deviation compensation emerged during the processing requires prediction based on a model that describes the dimensional dynamics of the machine tool ([1], [2], [4]), meaning the relation between the modifying dimension of the part processed and the processing parameters. On the other hand, the behavior of the machining system evolves significantly in time, even during the processing of a small part batch. This is the reason dimensional dynamics must comprise changing in time of the relation between dimensional part variation and the processing parameters.

In literature there are presented several compensation techniques as it follows:

a) all the parts are measured before and after the processing; the compensation is represented by the difference between the target surface and the obtained one [1];

b) the compensation of some of the components of the error [4], [5] is performed;

c) the processing parameters are kept constant in order to obtain a uniform deviation.

All the papers presented identify and compensate the components of the error and not the error itself [3], [7], [8].

The purpose of the paper is to develop a new method for online identification of the dimensional dynamics to be used in the dimensional control of the Reconfigurable Machining Tool (RMT). This dimensional control is designed as being adaptive and predictive.

The proposed method is experimentally tested in order to evaluate the performance when applying to an actual case; in chapter 2 it is described the identification algorithm of the dimensional dynamics; in chapter 3 it is shown the experimental research of dimensional dynamics; finally, chapter 4 comprises discussions and conclusions concerning the obtained results.

2 The Algorithm for online identification of the dimensional dynamics

We consider that a RMT has been configured and the tooling is changed to be able to process another part of the same product family. As a consequence of these changes the RMT behaviour has modified and the model that describes its behaviour is no longer valid [6]. It is necessary that RMT should be re-identified, representing an important part of the ramp-up-time. We consider, that the RMT processes the part number n of the batch. We need to identify the relation between the dimensional deviation occurred during the processing of a part, and the data resulted from the monitoring of the RMT during the processing all of the previous $n-1$ parts.

In order to describe the stationary state of the system corresponding to a certain bin of the tool trajectory the following variables will be used:

- variables that describe the mechanical field; these may represent components of the cutting force; $F^{(1)}$, $F^{(2)}$, $F^{(3)}$ (average values of these in a bin width);
- variables that describe the thermal field; these may be average values $T^{(1)}$, $T^{(2)}$, $T^{(3)}$ of the temperature from certain position of the RMT,
- variable i represents the count number of the bin corresponding to the tool trajectory,
- variable j representing the count number of the parts group processed that due to the shape and position error and wear can be considered unchanged.

The numbering of the part processed, considered with the wear unchanged, has its origin in the current part, e.g. during processing the second part wear can be considered unchanged, then n , $n-1$ parts represent such a group with numbering $k=1$, and the parts $n-2$, $n-3$ form a second group for $k=2$ and so on. This variable characterises the tool wear and the RMT behaviour corresponding to the processing period of time for the current part,

- deviation δ corresponding to the bin order i number.

Variables F , T and δ values will be scaled on their own variation in such a way that all the variables can be represented by integer values. For instance in fig.1 these variables have been scaled using 6 levels.

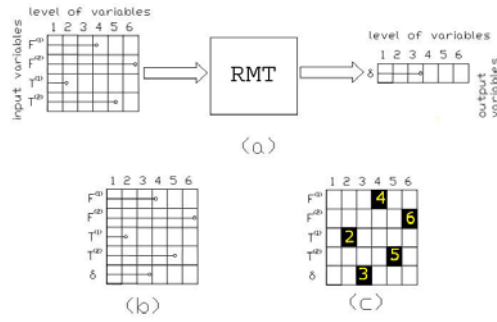


Fig. 1. Three representation ways of the steady state of the system corresponding to the one tool path bin

We define RMT state using an interger number set representing the thermal and mechanical fields, position and deviation.

The RMT state in a certain step will be represented as it follows:

$$S = \left\{ \begin{array}{c} \text{Thermal and mechanical fields} \\ \leftarrow \text{Position} \rightarrow \text{Deviation} \\ \leftarrow \text{Input variables} \rightarrow \text{Output variables} \\ F^{(1)} \ F^{(2)} \ F^{(3)} \ \dots \ T^{(1)} \ T^{(2)} \ T^{(3)} \ \dots \ i \ k \ \delta \end{array} \right\}$$

where $F^{(1)}$, $F^{(2)}$, $F^{(3)}$, representing the obtained values by signal processing of the data read by different sensors in different points of the system, $T^{(1)}$, $T^{(2)}$, $T^{(3)}$, representing the temperatures measured in different points of the system, i is the order bin number from the tool trajectory corresponding to the processing of a part, and k is the current number of the parts group processed with shape and position error, can be considered unchanged.

For the sake of simplicity let us consider that the mechanical field is evaluated in a single point on the machine. In this case four states can be considered

$$S_1 = \{F_1 \ T_1 \ i_1 \ k_1 \ \delta_1 \}, \quad S_2 = \{F_2 \ T_2 \ i_2 \ k_2 \ \delta_2 \},$$

$$S_3 = \{F_3 \ T_3 \ i_3 \ k_3 \ \delta_3 \},$$

$$S_4 = \{F_4 \ T_4 \ i_4 \ k_4 \ \delta_4 \}.$$

In the state field we define the following metrics. The difference between S_1 and S_2 states is:

$$S_1 - S_2 = \{(F_1 - F_2), (T_1 - T_2), (i_1 - i_2), (k_1 - k_2), (\delta_1 - \delta_2)\} \quad (1)$$

The distance between the states is:

$$d(S_1, S_2) = |F_1 - F_2| + |T_1 - T_2| + |i_1 - i_2| + |k_1 - k_2| \quad (2)$$

Several states are considered as part of the same equivalence class if the input variables meet a certain condition. For instance, we consider the

classification of states depending on their distance with an indicated state. States that have the distance **a** relative to the indicated state form an equivalence class of **a** order. peculiarly, if **a=0**, then the states are identical.

The transition is defined as a pair of states, one is considered the initial state and the second is the final state and they are represented as it follows:

$$\tau_{(1,2)} = \left\{ \begin{matrix} F_1 & T_1 & i_1 & k_1 & \delta_1 \\ F_2 & T_2 & i_2 & k_2 & \delta_2 \end{matrix} \right\} \begin{matrix} \uparrow \\ \downarrow \end{matrix} \begin{matrix} \text{Initial state} \\ \text{Final state} \end{matrix} \quad (3)$$

$$\tau_{(3,4)} = \left\{ \begin{matrix} F_3 & T_3 & i_3 & k_3 & \delta_3 \\ F_4 & T_4 & i_4 & k_4 & \delta_4 \end{matrix} \right\}$$

For given transitions we define the difference between two transitions:

$$\tau_{(1,2)} - \tau_{(3,4)} = \left\{ \begin{matrix} F_1 - F_3 & T_1 - T_3 & i_1 - i_3 & k_1 - k_3 & \delta_1 - \delta_3 \\ F_2 - F_4 & T_2 - T_4 & i_2 - i_4 & k_2 - k_4 & \delta_2 - \delta_4 \end{matrix} \right\} \quad (4)$$

We consider that two transitions are equivalent if the difference is:

$$\tau_{(p,q)} - \tau_{(r,s)} = \left\{ \begin{matrix} 0 & 0 & a & b & \delta_p - \delta_r \\ 0 & 0 & a & b & \delta_q - \delta_s \end{matrix} \right\}, \quad (5)$$

where

$$a = i_p - i_r = i_q - i_s$$

$$b = k_p - k_r = k_q - k_s$$

Two equivalent transitions have the same variation of input values (mechanical field (**F**), thermal field (**T**) and position (**i**, **k**)). This is the reason that the same output variation will occur, represented by:

$$(\delta_p - \delta_r) = (\delta_q - \delta_s). \quad (6)$$

The identification algorithm is represented in figure 2:

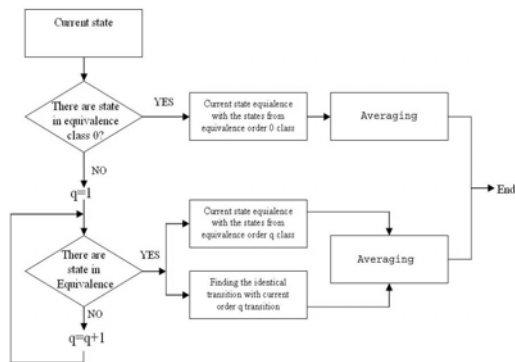


Fig.2. Data processing algorithm

It has been processed a 70 parts batch (fig.3). The linear trajectory of the tool was divided in 5 regions. The dimensional control algorithm was operated separately in each of the zones. During the processing the cutting force was measured. The average value of the corresponding cutting force was used for the dimensional control of a certain zone from the tool path.

Using the proposed algorithm and taking into account the recent event emerged concerning the processing system evolution, we simulated the dimensional compensation and we obtained the following results:

- the average value of the deviation decreased from 0.837014 mm to 0.0103 mm, meaning a 81 times improvement;

- standard deviation decreased from 0.249 mm to 0.23 mm, that is a 1.1 time improvement.

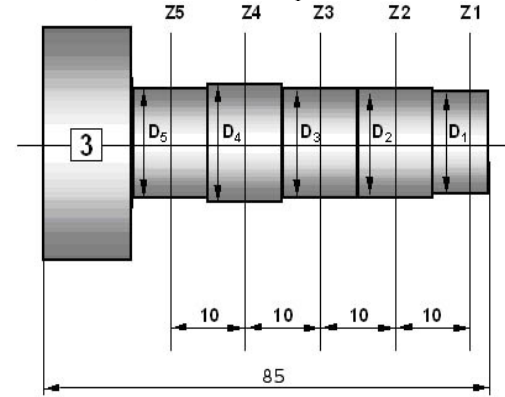


Fig.3 Blank work piece

It is noted that the performance of the method is very good as the dimensional dynamics of the system is described sufficiently accurate.

Applying this method is quite simple, with a small number of operations to complete the prediction, meaning that the speed of the prediction calculus is very high. The dimensional compensation is performed online from this deriving a low production cost.

The precision can be improved by increasing the number of zones of the tool path, as well as the decreasing of width of the intervals of scaling for process variables.

4 Conclusions

We can state that the proposed method is able to improve the RMT behavior for mechanical cutting

processing, improving the processing precision by compensating the errors.

The novelty of the proposed method is that considering the whole error as an entity, it successfully achieves to differentiate deviation compensation in the process.

Using this method the time needed for the identification of the RMT is reduced. Taking into account the evolution in time of the RMT, the model is changing continuously, describing a real evolution of the system.

References:

- [1] Choudhury S. K., V. K. Jain, S. Rama Krishna, *On-Line Monitoring of Tool Wear and Control of Dimensional Inaccuracy*, In: Turning, Journal of Manufacturing Science and Engineering, February 2001, Volume 123, Issue 1, pp. 10-12
- [2] Dong, C., Zhang, C., Wang, B., Zhang, G., *Prediction and Compensation of Dynamic Errors for Coordinate Measuring Machines*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, August 2002, Volume 124, Issue 3, pp. 509-514.
- [3] Hong Yang, Jun Ni, *Dynamic Modeling for Machine Tool Thermal Error Compensation*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, May 2003, Volume 125, Issue 2, pp. 245-254
- [4] Kim, S., Landers, R.G., Ulsoy, A., *Robust Machining Force Control With Process Compensation*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, August 2003, Volume 125, Issue 3, pp. 423-430.
- [5] Lian, R.J., Lin, B.F., Huang, J.H., *A grey prediction fuzzy controller for constant cutting force in turning*, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 45, Issue 9, July 2005, pp. 1047-1056.
- [6] Mehrabi M.G., A.G. Ulsoy, Y. Koren, and P. Heytler, *Trends and Perspectives in Flexible and Reconfigurable Manufacturing Systems*, Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 13, No.2, April 2002, pp 135-146.
- [7] Steven Y. Liang, Rogelio L. Hecker, Robert G. Landers, *Machining Process Monitoring and Control: The State-of-the-Art*, Journal of Manufacturing Science and Engineering, May 2004, Volume 126, Issue 2, pp. 297-310
- [8] Tseng, P.C., Ho, J.L., *A Study of High-Precision CNC Lathe Thermal Errors and Compensation*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Springer London, June 2002, Volume 19, Number 11, pp. 850 – 858.

Acknowledgement

This paper was developed under the research programs CEEEX, grants 22 and 23, funded by the Romanian Ministry of Education and Research

97. Epureanu A., Teodor V. *On-Line Geometrical Identification of Reconfigurable Machine Tool using Virtual Machining*, Publicată în revista Enformatica, vol. 15, SPANIA, 2006, ISBN 975-00803-4-3, (indexata ISI).

On-Line Geometrical Identification of Reconfigurable Machine Tool Using Virtual Machining

Alexandru Epureanu, Virgil Teodor

Abstract—One of the main research directions in CAD/CAM machining area is the reducing of machining time.

The feedrate scheduling is one of the advanced techniques that allows keeping constant the uncut chip area and as sequel to keep constant the main cutting force. They are two main ways for feedrate optimization. The first consists in the cutting force monitoring, which presumes to use complex equipment for the force measurement and after this, to set the feedrate regarding the cutting force variation. The second way is to optimize the feedrate by keeping constant the material removal rate regarding the cutting conditions.

In this paper there is proposed a new approach using an extended database that replaces the system model.

The feedrate scheduling is determined based on the identification of the reconfigurable machine tool, and the feed value determination regarding the uncut chip section area, the contact length between tool and blank and also regarding the geometrical roughness.

The first stage consists in the blank and tool monitoring for the determination of actual profiles. The next stage is the determination of programmed tool path that allows obtaining the piece target profile.

The graphic representation environment models the tool and blank regions and, after this, the tool model is positioned regarding the blank model according to the programmed tool path. For each of these positions the geometrical roughness value, the uncut chip area and the contact length between tool and blank are calculated. Each of these parameters are compared with the admissible values and according to the result the feed value is established.

We can consider that this approach has the following advantages: in case of complex cutting processes the prediction of cutting force is possible; there is considered the real cutting profile which has deviations from the theoretical profile; the blank-tool contact length limitation is possible; it is possible to correct the programmed tool path so that the target profile can be obtained.

Applying this method, there are obtained data sets which allow the feedrate scheduling so that the uncut chip area is constant and, as a result, the cutting force is constant, which allows to use more efficiently the machine tool and to obtain the reduction of machining time.

Keywords—reconfigurable machine tool, system identification, uncut chip area, cutting conditions scheduling.

Manuscript received September 27, 2006.

This work was supported by National Excellence Research Programme CEEEX no. 22/2005 of "Dunarea de Jos" University of Galati.

Alexandru Epureanu, "Dunarea de Jos" University of Galati, Romania.
Virgil Teodor, "Dunarea de Jos" University of Galati, Romania (e-mail: virgil.teodor@ugal.ro).

I. INTRODUCTION

It is known the fact that the control of the force which emerges at cutting machining drives to important economically advances by increasing productivity and surface quality.

Two main ways to maintain the cutting force in more closed limits were developed.

The first approach uses force transducers so the feed is modified as answer to the variation of machining forces. The adaptive controller on-line determines the process model parameters and corresponding to these, adjusts the controller, eliminating the need of off-line calibration tests. However, the systems have a very complex behavior and it is difficult to analyze and implement this approach, since the force direction cannot be determined [1], [7], [8].

Another approach proposes the adjustment of feed value based on the predictive analysis of the cutting force. One considers that the optimizing based on the process simulation allows a better machining process control, especially in cases of complex cutting processes [2], [3], [6].

In this paper a new approach is proposed using the *extended database* that will replace the RMT model. Based on the extended database the predictive analysis of cutting force is made based on the determination of the chip area detached in the machining process.

We consider that this manner has some advantages:

- in case of complex cutting processes, where the cutting depth and the chip width have important variations with the change of tool position, and in case of processes where the cutting is not continuous (generation by rolling with rack-gear tool or with gear-shaped tool), it is obligatory to predict the cutting force in order to maintain this value between the allowed limits [6];

- the actual cutting profile is different from the theoretical profile due of tool wear or tool change and also the blank actual profile is different from the theoretical profile, what is more it is individual for each blank. These things determine the need to calibrate the system;

- it is possible to limit the chip width so the process stability is improved;

- it is possible to correct the programmed tool path so that the target trajectory is obtained (see fig. 1).

In the cutting machining the tool and the blank have deviations from the theoretical profile. The presented method proposes the determination of these deviations, next being possible to establish adequate trajectories for tool and the determination of feed values in such a way as to obtain the

desired piece profile in the condition of detaching chips with constant section areas, at the same time maintaining the imposed tool-blank contact length and the geometrical roughness [5].

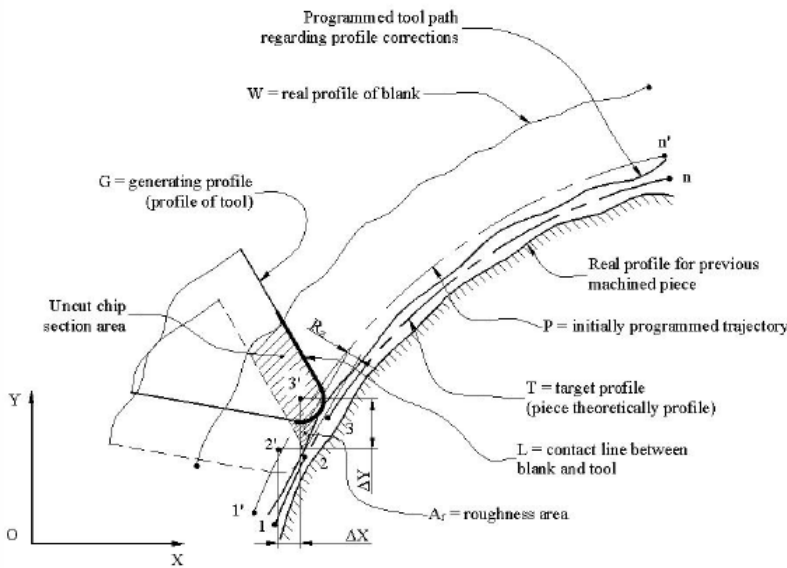


Fig. 1. Piece profile generation

II. PROPOSED METHOD

SPECIFIC for this new method are the uses of an extended database which will describe the system behavior.

If we admit as parameters of the *reconfigurable machine tool* model (RMT) the values (see figure 1):

A is the uncut chip section area, defined as area included between the blank boundary, the contact line between tool and blank at the current step and the contact line between tool and blank at the previous step [mm²];

ΔX — the tool displacement increment on X direction [mm];

ΔY — the tool displacement increment on Y direction [mm];

G — profile of generating tool (known in numerical form, obtained by measuring);

W — real profile of blank (known in numerical form, obtained by measuring);

T — piece theoretically profile (known in analytical form);

P — tool path programmed initially, regardless the correction determinates from the previously machined piece;

L — the contact length between the tool profile and the blank [mm];

R_z — roughness [mm];

A_r — roughness area at each step [mm²],

so that we can consider that the RMT general model is described by an equation with the form

$$F(A, \Delta X, \Delta Y, G, W, T, L, R_z, A_r) = 0 \quad (1)$$

The practical use of the extended database consists in obtaining a data set of the type

$$dataset = \{A, \Delta X, \Delta Y, G, W, T, L, R_z, A_r\} \quad (2)$$

In the classical approach the system identification starts from an experimental database, on which there is applied an identification algorithm and the system model [1], [2] results.

The system identification by using the predictive analysis of the cutting force based on the uncut chip area proposes to determine a current database that is applied to the model and an extended database is determined.

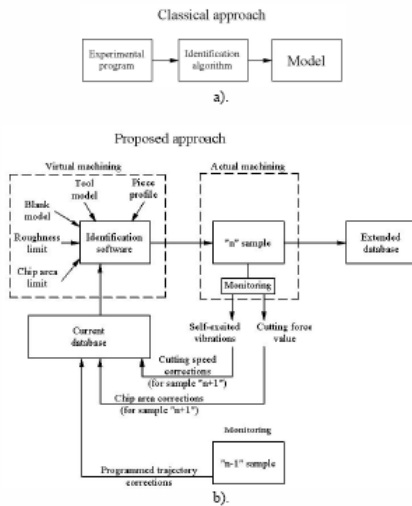


Fig. 2. Identification scheme a). classical approach; b). proposed approach

First of all the tool and the blank real profile are determined by measurement. There is also established the allowed geometrical roughness and the programmed tool path.

During the machining process the cutting force is monitored and there is verified whether the force value respects the imposed limits.

If, due to certain conditions, the cutting force is smaller than the allowed value then it is possible to increase it, i.e. to increase the value of the uncut chip section area, for the next piece. On the other hand, if the cutting force is greater than the allowed value, the uncut chip section area will be decreased.

If the self-excited vibrations emerge the cutting speed needs to decrease. By monitoring the vibration, we will be able to determine the tool position where the cutting speed needs to be decreased.

Before each exemplary machining, the previous machined exemplary is measured and the effective roughness and profile are determined.

Each of these parameters will be input data for the next extended database generation.

This database is obtained by virtual machining of each part exemplary.

The cutting force limitation may be made either in the virtual machining stage (in the case of shaping) or in the real machining stage (in the case of continuous cutting). In this last case the chip section area is modified after each piece

machining, in order to limit the cutting force for the next piece.

Based on the previous machined piece profile it is possible to correct the programmed trajectory hereby so as to obtain a profile closer to the theoretical profile.

III. THE IDENTIFICATION ALGORITHM

RMT identification based on this new method presumes three phases.

A. Monitoring

The blank and tool profile are numerically determined, by measuring. Based on these profiles the tool and blank models are made using a graphical representation environment [4]. These models are made as regions, on these being possible to apply the commands of the graphical representation environment (INTERSECT and SUBTRACT).

B. Virtual machining

Being known the target profile (in analytical form) the tool path is determined, displacing the tool model in such a way that it is tangent to the piece model. The successive positions of the tool model insertion point will determine the trajectory and the programmed tool path (in numerical form). Each of these positions will be a calculus stage.

If the profile of a previously machined piece has deviations from the theoretical profile it is possible to correct the programmed tool path in order to decrease these deviations.

At each stage the geometrical roughness is determined and it is compared with the admissible limit, initially established. If the roughness value is greater than the limit, the tool is brought back in the previous position, the displacement increment is decreased and the tool is positioned again.

When there has been obtained an admissible value for the geometrical roughness, the uncut chip section area is determined. Similarly with the previous step this area is compared with the admissible limits, initially established.

When an admissible value for uncut chip area is obtained, the contact length between tool and blank is compared with the admissible limits.

For each case the tool is positioned with values that will not affect the previously determined parameters (roughness and area).

In this way there is determined the tool region insertion point for which all of the three mentioned criteria (R_z , A , L) are satisfied. This point will be regarded as the programmed trajectory point and the model parameters will be saved in the output data file.

The logical scheme of this algorithm is showed in fig. 3.

A file of dataset on form (2) is obtained, which is the extended database.

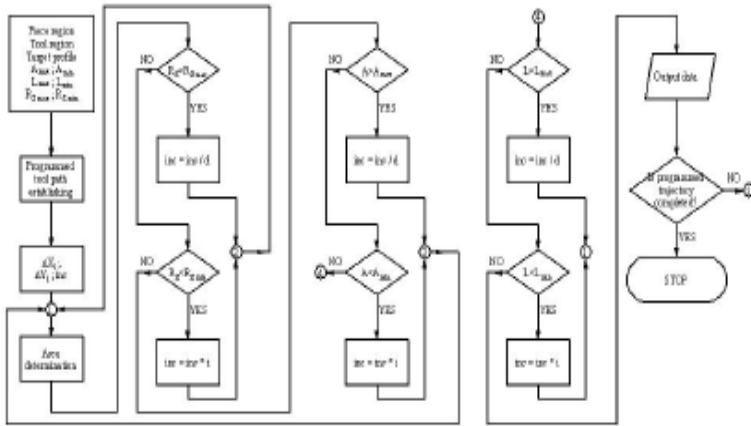


Fig. 3. The logical scheme of the algorithm

We have to consider that each dataset refers to the intervals of the uncut chip section area, so the output file is a data array with three dimensions (see figure 4).

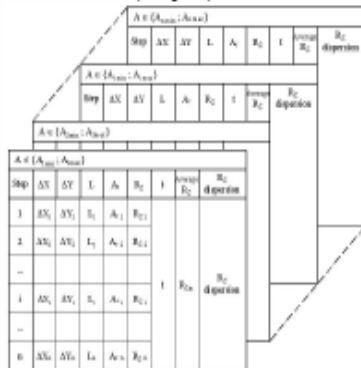


Fig. 4. Extended database

C. Real machining

After the obtaining of extended database, the piece is machined and after these, is measured in order to obtain the needed corrections for the next piece.

IV. THE PARAMETER SELECTION

USING machine tools which allow the unevenness variation of feed, the tool is driven along the programmed tool path, with the feed value increment obtained by the extended database.

Obviously, we will obtain an unevenness feed that allows

detaching chips with even section area and hence even cutting forces on all machining processes.

More, during the whole process, the contact length between the tool and the blank is evaluated in order to avoid the self-vibration. If, due to constraints, the self-vibration may appear, the cutting speed is decreased in these zones.

This way, not only the feed but also the cutting speed and the cutting depth are scheduled.

The geometrical roughness of the surface is within the initially established limits, from the extended database, being possible to determine the average value and the roughness dispersion.

V. APPLICATION

IT was developed the software for the extended database generation in case of cylindrical involute gear machining by rolling.

The tool is a rack-gear cutter with five teeth and the piece has the following characteristic:

- modulus $m=5$ mm;
- piece teeth number $z_1=30$;
- dividing diameter $D_0=150$ mm.

In Figure 5 there are shown the uncut chip section area variations for two cases, the first when the feed is scheduled based on this method and the second when the feed is constant.

It is obviously that the uncut chip section area has a significant variation when the feedrate is constant.

When the feed is scheduled regarding the uncut chip section area, this is more uniform (see also table I and II).

In tables I and II there are presented the coordinates of the position of the tool and the calculated chip areas for each case.

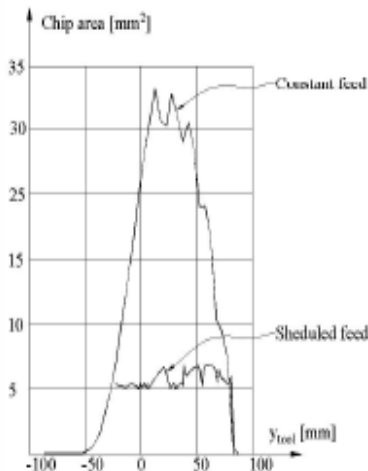


Fig. 5. Uncut chip section area variation

TABLE I

TOOL POSITION FOR CONSTANT FEED

y [mm]	Chip area [mm ²]
88.0	0.556317
83.0	7.38469
78.0	9.49459
⋮	⋮
3.0	19.75
-2.0	16.2833
-7.0	13.1818
⋮	⋮
-82.0	0.0660639
-87.0	0.0660639

TABLE II

TOOL POSITION FOR SCHEDULED FEED

y [mm]	Chip area [mm ²]
84.1422	5.92252
81.1948	5.33825
78.2473	5.8681
⋮	⋮
33.1221	5.14407
32.1665	5.05074
31.1154	5.44715
⋮	⋮
-13.4498	5.22788
-17.4416	5.37716
-22.7547	5.02281

VI. CONCLUSIONS

THIS paper presents a new approach for on-line geometrical identification of the reconfigurable machine tool, using virtual machining.

The RMT is monitored and there is generated an extended database that is easier to use as system model in order to make a predictive analysis of the cutting conditions.

The method has some advantages regarding the classical methods, as follows:

- a). It is possible to predict the cutting force variation in case of complex cutting processes and in case of processes where the cutting is not continuous (generation by rolling with rack-gear tool or with gear-shaped tool);
- b). The actual tool and blank profiles that are different from the theoretical profile are considered;
- c). It is possible to predict the chip width and to limit the width or the cutting speed so that the process stability is improved;
- d). It is possible to correct the programmed tool path so that the piece profile is closer to the theoretical profile;
- e). Due to the feed scheduling the machining time is reduced so the process productivity is increased.
- f). The tool load unsmoothness is decreased so that the endurance is increased.

ACKNOWLEDGMENT

Authors thanks to National Excellence Research Program CEEX no. 22/2005 of "Dunarea de Jos" University of Galati.

REFERENCES

- [1] B. K. Fazel, R. B. Jensen, J. G. Hornet, *Robust Feedrate Selection for 3-Axis NC Machining Using Disturbance Models* in *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, vol. 123, May 2001, pp. 214-224;
- [2] R. G. Landers, A. G. Ulsoy, *Model-Based Machining Force Control*, in *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control*, vol. 122, September 2000, pp. 521-527;
- [3] H. U. Lee, D. W. Cho, *An intelligent feedrate scheduling based on virtual machining*, in *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, July 2003, pp. 873-882;
- [4] M. Dima, *Contributions to Cutting Scheme Modeling of Rolling Arcs on Associated Surfaces Generation*, doctoral thesis, "Dunarea de Jos" University of Galati, Romania, 2006;
- [5] N. Onescu, M. Dima, V. Toader, *Stabilitate intre metode used to Study Developing Surfaces. I. The Profiles Associated to Rolling Controls*, in: *The Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati, Fasc. V, year XIX, ISSN 1221-4566, 2001, pp. 40-45;*
- [6] M. Dima, N. Onescu, *Constructive modifications for the energetically improvement of the tooling process*, in: *Romanian Journal of Technical Sciences Applied Mechanics*, Tome 49, special number 2004, Proceedings of the International Conferences on Manufacturing Systems ICMS 2004, ISBN 973-27-1102-7, pp. 237-241;
- [7] L. E. Dhashtanani, H. A. Puk, *Model Reference Adaptive Control of Feed Force in Turning*, in: *ASME J. Dyn. Syst., Meas., Control*, 108, No. 3, pp. 215-222;
- [8] K. K. Wang, *Solid Modeling for Optimization Metal Removal of Three-Dimensional NC End Milling*, in: *J. Manuf. Syst.*, 7, No. 1, 1988, pp. 51-65.

98. Frumusanu G., Epureanu A. – *Approach of Cutting Processes Chaotic Character by Using Cutting Force Poincare Map* - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LIII (LVII), 2007, în curs de publicare.

99. Constantin I., Marinescu V., Epureanu A., Cuzmin C., Marin F. B., *A modular manufacturing control system*, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 301-306.

100. Frumusanu G., Epureanu A. – *Modelling of Cutting Process Chaotic Character*. - TCMR International Conference, Chisinau, 2007, p.342-345.
101. Frumusanu G. – *Algorithm and Program to Find Largest Lyapunov Exponent in One-Dimensional Time Series Case*. - TCMR International Conference, Chisinau, 2007, p.338-341.

ALGORITHM AND PROGRAM TO FIND LARGEST LYAPUNOV EXPONENT IN ONE-DIMENSIONAL TIME SERIES CASE

2. FRUMUȘANU GABRIEL

Key words: largest Lyapunov exponent, time series

Abstract: During the last years, many researchers tried to apply “Chaos Theory” to explain phenomena from various domains, starting from medicine and weather prediction and going up to manufacturing by metal cutting. The main sign that characterizes the chaotic character of a certain process is “the largest Lyapunov exponent”. To calculate it, more methods were already suggested, but this paper covers a less tackled field – time series case. Examples of application are presented and results quality is analyzed by comparing them to accepted reference cases.

1. Background

For a dynamical system, sensitivity to initial conditions is quantified by the Lyapunov exponents. For example, consider two trajectories with nearby initial conditions on an attracting manifold. When the attractor is chaotic, the trajectories diverge, on average, at an exponential rate characterized by the largest Lyapunov exponent, [1].

This concept is also generalized for the spectrum of Lyapunov exponents, λ_i ($i = 1, 2, \dots, n$), by considering a small n -dimensional sphere of initial conditions, where n is the number of equations (or, equivalently, the number of state variables) used to describe the system. As time t progresses, the sphere evolves into an ellipsoid whose principal axes expand (or contract) at rates given by Lyapunov exponents.

The presence of a positive exponent is sufficient for diagnosing chaos and represents local instability in a particular direction.

When the equations describing the dynamical system are available, one can calculate the entire Lyapunov spectrum. The approach involves numerically solving the system's n equations for $n+1$ nearby initial conditions. In experimental settings, however, the equations of motion are usually unknown and this approach is not applicable. Furthermore, experimental data often consist of time series from a single observable, and one must employ a technique for attractor reconstruction.

For diverse experimental applications, a number of researchers have proposed algorithms that estimate the largest exponent.

2. Algorithm to Calculate Largest Lyapunov Exponent

The first step of suggested approach involves reconstructing the attractor dynamics from a single time series, by using the method of delays, [2], to develop a fast and easily implemented algorithm. The reconstructed trajectory, X , can be expressed as a matrix where each row is a phase space vector. That is

$$X = [X_1 X_2 \dots X_M]^T, \quad (1)$$

where X_i is the state of the system at discrete time i . For an N -point time series, $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, each X_i is given by

$$X_i = [x_i \ x_{i+J} \ \dots \ x_{i+(m-1)J}], \quad (2)$$

where J is the reconstruction delay and m – the embedding dimension. Thus, X is an $M \times m$ matrix and the constants m, M, J and N are related as

$$M = N - (m-1)J. \quad (3)$$

After reconstructing the dynamics, the algorithm locates the nearest neighbor of each point on the trajectory. The

nearest neighbor, X_{j^*} , is found by searching for the point that minimizes the distance to the particular reference point X_j . This is expressed as

$$d_j(0) = \min_{X_{j^*}} \|X_j - X_{j^*}\|, \quad (4)$$

where $d_j(0)$ is the initial distance from the j^{th} point to its nearest neighbor and $\|\cdot\|$ denotes the Euclidean norm. The condition that nearest neighbors should have a temporal separation greater than the mean period of the time series must also be considered.

$$|j - j^*| > \text{mean period}. \quad (5)$$

The largest Lyapunov exponent, λ_l , is then estimated as the mean rate of separation of the nearest neighbors.

The current approach is principally based on the work of Sato [3] which estimates λ_l as

$$\lambda_l(i) = \frac{1}{i \cdot \Delta t} \cdot \frac{1}{M-i} \cdot \sum_{j=1}^{M-i} \ln \frac{d_j(i)}{d_j(0)}, \quad (6)$$

where Δt is the sampling period of time series and $d_j(i)$ is the distance between the j^{th} pair of nearest neighbors after i discrete-time steps.

3. Program to Calculate Largest Lyapunov Exponent

Based on the upper presented algorithm, a dedicated soft was written in Turbo Pascal language. It calculates largest Lyapunov exponent in the case of a one-dimensional time series, starting from a file that contains an N -point time series.

The input data required to run the program are: the name of the file, J - the reconstruction delay, m - the embedding dimension and i - the number of discrete-time steps from relation (6). The time series number of points, N , is automatically found when reading the file including it. The number of discrete-time steps corresponding to the analyzed function mean period must also be known.

The distances $d_j(0)$ are, first of all, calculated by using relation (4), also having in view the condition (5). Then, the distances $d_j(i)$ are similarly found and, finally, largest Lyapunov exponent is estimated $\lambda_l(i)$ by following (6).

4. Results Validation

To have an idea about the quality of the results furnished by upper presented soft, we applied it to calculate the largest Lyapunov exponent in the case of a file including 2000 points from Logistic dynamical system,

$$x_{i+1} = \mu \cdot x_i (1 - x_i), \quad \mu = 0.4. \quad (7)$$

Because Logistic system equation is known, its largest Lyapunov exponent was calculated by using classic methods, [1] and it is accepted that its magnitude is $\lambda_l = 0.693$.

Rosenstein, [4], suggested a graphical method to estimate Logistic system, considered as time series, largest Lyapunov exponent (equation (7) being ignored). In this case, λ_l estimated values depend on the values considered for the constants j and m .

In the Table 1, a comparison between the reference value of λ_l , the values estimated by using Rosenstein method

102. Marin F. B., Constantin I. C., Marinescu V., Cuzmin C., Epureanu A., *Development of reconfigurable software module for CNC machine tools*, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 265-269.

and the values calculated by using the upper presented soft (current approach) is made.

Table 1 – Comparison between λ_l values found by using different methods

λ_l reference	Constants	Rosenstein method		Current approach	
		Estimated λ_l	Error [%]	Calculated $\lambda_l(i)$	Error [%]
0.693	j=1, m=2, i=5	0.681	-1.7	0.69289	-0.02
	j=1, m=4, i=5	0.680	-1.9	0.69175	-0.18
	j=3, m=2, i=5	0.672	-3.0	0.69049	-0.36
	j=4, m=2, i=5	0.563	-18.8	0.68185	-1.61
	j=4, m=2, i=7	-	-	0.68976	-0.46
	j=4, m=2, i=10	-	-	0.66859	-3.52

5. Conclusions

We can observe, from Table 1, that the results found by using the upper presented soft are very close to λ_l reference value. It means that this is an accurate instrument that can be easily used to find one-dimensional time series largest Lyapunov exponent.

Same time, the soft can be used to analyze the effect of characteristic constants (j, m, i) changing onto the precision of calculated values for a certain time series largest Lyapunov exponent.

Finally, we can say that it will be interesting to go further from this first step, by conceiving a soft to calculate largest Lyapunov exponent in the case of multi-dimensional time series.

Received February 25th, 2007
Galați, Romania,

“Dunărea de Jos” University of

Manufacturing,

Department of Machine

gabriel.frumusanu@ugal.ro

References

1. Eckmann, J.-P., Ruelle, D. – *Ergodic theory of chaos and strange attractors* – Rev. Modern Physics 57, 1985.
2. Packard, N. H., Crutchfield, J. P., Farmer, J. D., Shaw, R. S. – *Geometry from a time series* – Physics Revue Letters 45, 1980.
3. Sato, S., Sano, M., Sawada, Y. – *Measurement of the Lyapunov spectrum from a chaotic time series* – Physics Revue Letters 77, 1987.
4. Rosenstein, M. T., Collins, J. J., De Luca, C. J. – *A practical method for calculating largest Lyapunov exponents from small data sets* – Physica D., Vol. 65, issue 1-2, 1993.

DEVELOPMENT OF RECONFIGURABLE SOFTWARE MODULE FOR CNC MACHINE TOOLS

Florin Bogdan Marin, Ionut Clementin Constantin, Vasile Marinescu, Ciprian Cuzmin, Alexandru Epureanu

Abstract- After reconfiguration process the new hardware architecture implies also software architecture changing. Reconfigurable machine tools performance is determined most by ramp-up-time. O important part of this is the time needed for software reconfiguration. This paper presents a reconfigurable interpreter, developed as new software approach, which provide a fast software reconfiguration to be operated by the user of the machine. The interpreter design methodology and corresponding software presented in the paper was developed at the "Dunarea de Jos" University – Galati. Results achieved confirmed the efficiency of this approach.

Keywords: reconfigurable machine tools, open-architecture, interpreter, condition instructions set

I. INTRODUCTION

User demands for products tend to change rapidly. To respond to such demands, as changing mix and volumes, manufacturers must modify the design of products, to be able to change their production schedule. There are different manufacturing systems: dedicated, flexible and reconfigurable.

A Reconfigurable Machine tool (RMT) is a concept that describes capacity of a machine to modify its structure, in order to allow a fast change of both hardware and software parts according to new demands of the market [1][2].

In this paper we propose a reconfigurable interpreter for programming CNC machine tools allowing implementation of RMT hardware taking into account Open Architecture concept[3], which we consider to be a must have condition in designing software for RMT.

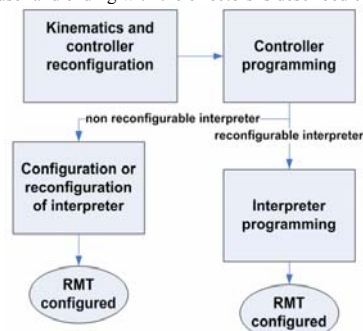
The goals of this report are: a) to define the concept of reconfigurable interpreter; b) to define a methodology for designing a reconfigurable interpreter; c) applying the methodology for development of a proof of concept demonstrator.

II. ARCHITECTURE OF RECONFIGURABLE INTERPRETER

In order to achieve the goal of development of an interpreter we can divide the problem into the following basic parts: a) choosing a language to be interpreted b) writing an execution code for the language c) providing a debugger d) providing a GUI interface

Software module represented by interpreter was implemented on a turning machine in order to proof the concept of reconfigurable interpreter. The language used in the software interface is well known *machine tool programming language ISO CNC Code*. However, the interpreter was designed in order to adapt to any new programming language as is shown below.

The information circuit in a CNC starting with the user and ending with the effectors is described conceptually below.



When preceding to reconfigure the machine, a new hardware configuration is builded including new controllers and a different kinematics configuration. As a consequence, the control component and software interface are required. Whereas software interface for basic command is not an issue, building the interpreter, as a matter of fact the main core of the command for the user is a challenging task. Nowadays interpreters are designed to execute implementation of a language, as long as machine tool produces. The RMT paradigm requires designing reconfigurable software modules, including interpreters. Furthermore is needed to be taken into account reconfigurability, as new programming languages are proposed. We are here taking into account high level language implementation.

Each kinematics configuration of machine tools determines new parameters as machine travel limits, feed rate, spindle feed, etc. Moreover, some of the programming functions may not be available in the new configuration.

Of a paramount interest are the conditional relations between function, as some functions are deactivating others, and these conditions depends on kinematics configuration.

To complete the task of reconfiguration of an RMT three steps are required: a) kinematics reconfiguration b) controller reconfiguration c) interpreter reconfiguration. In comparison with nowadays interpreters, the reconfigurable and reconfigurable interpreter produces reducing the ramp-up-time. Concerning the reconfigurability of an interpreter we make the following assumptions and statements. Firstly, we define a *reconfigurable* interpreter as one with the same or other programming language to be used in all further configurations. During the configuration process, some functions or instructions are disabled; the meaning is modified according to the new machine. Also, an *reconfigurable* interpreter is allowing implementing others languages including a new language that is suppose to emerge, besides the main characteristic, that of allowing changing general settings for the new configuration. Basically all functions of a programming language may be added in the *reconfiguration* process.

The time of implementation new configuration for interpreter is a matter of hours, whereas that of reprogramming the interpreter according to new hardware configuration is not satisfying the condition stated for RMT, that is short ramp-up-time.

III. ALGORITHM DESCRIPTION

The former approach works well for single pass interpreters but is, generally, more limiting since with the new reconfigurable concept in mind, the changing of configuration is an issue. An interpreting environment can be made interactive, so that changes can be to speed up the development process by providing quicker feedback on changes to the grammar. As reconfigurable interpreter involves new definitions of functions, grammar is changing accordingly.

As stated above, each kinematic configuration of machine tools has different characteristics as machine travel limits, feed rate, spindle feed, etc. Moreover, some of the functions may not be available in the new configuration.

The issues that are encountered in the grammar of the interpreter component are: a) some of the functions may not be available in the new configuration. b) Functions defining machine travel limits, feed rate, spindle feed etc, are modified, voided c) the working space is modified.

The code is examined alternatively by running on a *conditions instruction set*, a technique that allows great power in its ability to halt when specific conditions are encountered. These instruction set conditions are the key in this approaching of the debugger. Each issue concerning the relation between function are deal with conditions that are tested on code. As we use ISO CNC code for programming turning machine, there are four of G functions: a) Modal G functions, functions belonging to a family of G functions that cancel one another. b) Nonmodal G functions, functions enabled only in the block where they are programmed (cancelled at the end of the block).

c) G Functions Incompatible with the State of the program, functions whose programming is enabled or not according to the state of the current program. d) G Functions Associated with Arguments Functions followed by one or more arguments that are specific to the G function announcing them. These possibilities of relation between functions are treated by instruction *set condition algorithm*.

The idea of these conditions allows changing the language programming to be interpreted. The software allows fast and easy reconfiguration and defining of functions.

To date we have used the turning machine system to define a wide range of scenario from testing as diverse set of conditions may occur for different configurations. We have successfully supported the execution of interpreter processes and have begun to apply powerful algorithms to the process definitions to prove critical properties of reconfigurability. This experience suggests that our approach to process definition has very broad applicability.

IV. APPLICATION DESCRIPTION

Besides the interface for command, editor for interpreter, the settings panels represent the component of software that allows defining functions behavior. The interpreter has been designed for easy and fast configurations of functions and arguments. The data exchange is based on a set of different information that allows change relations between functions according to their properties at one moment in execution. As "Negation Prop", "Arguments", "Union" buttons, which adds the code field, where appropriate, to existing function and adds a new behavior properties for each function. Also the interface allows to define arguments for each function and defining range values of arguments.

ACKNOWLEDGMENT

2.1 The authors gratefully acknowledge the financial support of the Romanian Ministry of Education and Research through grant CEEX 22.

Bibliography

- [1] Koren, Y., Heisel, U., Jovane, F., Moriwaki, T., Pritschow, G., Ulsoy, G. and VanBrussel, H., (1999), *Reconfigurable manufacturing systems*. Annals of the CIRP, 48, 1-14.
- [2] Chrin, J. L. and McFarlane, D. C., (1999), *A migration strategy for the introduction of holonic production control*, IFAC Multi-Agent-Systems in Production, Vienna
- [3]. Cho Y. S and. Carver D. L., (2004) *A model for software reuse*, Journal of Systems Integration, 6(3), pp. 181-201

103. Frumusanu G., *Algorithm and Soft to Evaluate the Errors between Profiles Given through Points* - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LII (LVI), Fasc.5A, 2006, p.119-122, ISSN 1011-2855.

ALGORITHM AND SOFT TO EVALUATE THE ERRORS BETWEEN PROFILES GIVEN THROUGH POINTS

GABRIEL FRUMUȘANU

Key words: profiles given through points, errors evaluation

3. **ABSTRACT:** THERE ARE MANY SITUATIONS WHEN A CUTTING TOOL PROFILE OR A CURVE CHARACTERIZING A SURFACE GENERATED BY WRAPPING CANNOT BE FOUND BY THEIR ANALYTICAL EXPRESSIONS; THE SOLUTION IS, AFTER USING SPECIFIC NUMERICAL METHODS, TO OBTAIN THE PROFILE THROUGH A FILE OF POINTS CO-ORDINATES. THE PAPER SUGGESTS AN ALGORITHM TO CALCULATE WITH HIGHER ACCURACY, THE MAXIMUM DISTANCE BETWEEN TWO CURVES, EACH ONE GIVEN BY A FILE OF POINTS. APPLICATIONS SOLVED BY AN ORIGINAL DEDICATED SOFT ARE ALSO INCLUDED.

1. Introduction

There are many situations when a cutting tool profile or a curve characterizing a surface generated by wrapping cannot be found by their analytical expressions; the solution is, after using specific numerical methods [1], [2], [3], to obtain the profile through a file of points co-ordinates.

There are also situations when a theoretical profile is substituted by an approximated one, [4]; if both profiles are given through files of points, then it is difficult to evaluate precisely the errors between the theoretical profile and the approximated one.

We further present an algorithm conceived in order to compare two profiles given through files of points and to find the maximum distance between them; this way it will be possible to establish if an approximated profile it is acceptable or not, by referring to the maximum allowed errors, included in specific standards.

2. Description of the Algorithm

Let's consider two curves, C_1 and C_2 , each one of them given through a file of points co-ordinates; we further denominate first curve "m" points and co-ordinates by

$A_1(x_{11}, y_{11}), A_2(x_{12}, y_{12}), \dots, A_i(x_{1i}, y_{1i}), \dots, A_m(x_{1m}, y_{1m})$ and second curve "n" points and co-ordinates by $B_1(x_{21}, y_{21}), B_2(x_{22}, y_{22}), \dots, B_i(x_{2j}, y_{2j}), \dots, B_n(x_{2n}, y_{2n})$, see also Figure 1.

We also denominate the distance between point "i" from C_1 and point "j" from C_2 by d_{ij} , $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$.

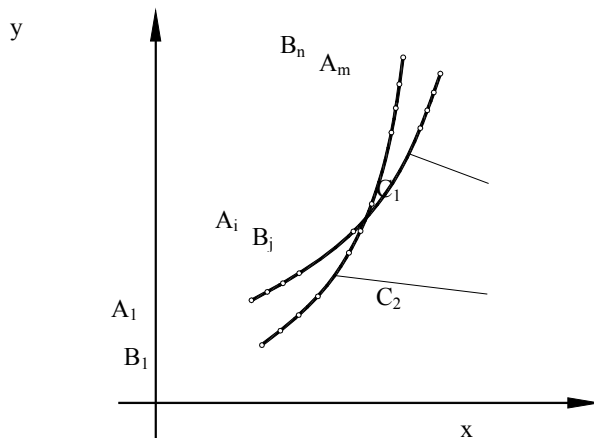


Fig. 1. Curves Given through Points

The algorithm uses auxiliary variable “d”; initially d value is the length of A₁B₁ segment and its final value will represent the maximum distance between the two curves.

The distances between the two curves points are successively calculated: d₁₁, d₁₂, ... d_{1n}, d₂₁, d₂₂, ... d_{2n}, ... d_{i1}, d_{i2}, ... d_{ij}, ... d_{in}, ... d_{m1}, d_{m2}, ... d_{mn}, by using the formula

$$(1) \quad d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n.$$

Every time when d_{ij} calculated value is smaller than current d value, then d new current value becomes d_{ij}.

Based on this algorithm, a dedicated soft was written in Turbo Pascal to calculate the maximum distance between two curves given through files of points.

The input data are the names of the two files including the two curves points co-ordinates. The co-ordinates are read and stored into four vectors (two for “x” and “y” co-ordinates of C₁ points and another two for “x” and “y” co-ordinates of C₂ points; same time the points from each of the two files are numbered, to further know “m” and “n” values. Then the value of minimum distance between the curves is calculated following the upper exposed algorithm; minimum distances between each point of the first curve and the second curve are also stored into a “m” dimension vector. In the final, the minimum distance between the two curves is displayed.

3. Example of Application

Studies were made in order to evaluate the possibility of using the representation by poles as a way to approximate wrapping curves associated to rolling centroids [4]. The case of the rack-bar tool used to generate exterior 8x52x60 mm slots will be now considered.

An algorithm and a special designed soft were conceived and used in order to obtain the theoretical and the approximated profiles, each one through a file of points co-ordinates. The input data were: X_A = -30 mm; X_B = -26 mm; Y_A = Y_B = 5 mm; rolling radius, R_{rp} = 30 mm.

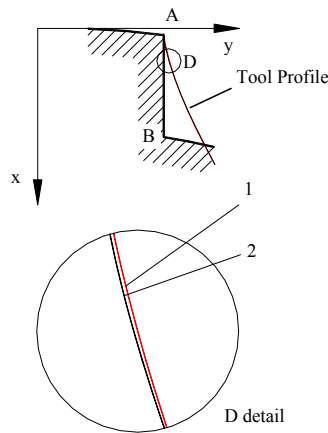


Fig. 2. Exterior Slots Generated by Rack-Bar Tool Case
1 – Theoretical Profile; 2 – Profile Approximated by Poles

The co-ordinates of points giving the two profiles, referred to xy system, are presented in Table 1. By representing the two profiles in the same picture, see Figure 2, and by zooming and using AutoCad tools, the maximum deviation between the two curves is about 0.02 mm.

Table1. Theoretical and Approximated Rack-Bar Tool Profiles

Theoretical Profile		Approximated Profile	
x_i [mm]	y_i [mm]	x_i [mm]	y_i [mm]
-0.0346	4.9999	-0.0346	4.9999
-0.2053	4.9945	0.0811	5.0180
-0.1344	5.0029	0.2004	5.0395
-0.0191	5.0202	0.3231	5.0644
0.1187	5.0449	0.4494	5.0928
...
4.1998	6.6056	4.1214	6.5829
4.3933	6.7088	4.3289	6.6900
4.5869	6.8145	4.5399	6.8006
4.7798	6.9221	4.7545	6.9145
4.9726	7.0319	4.9726	7.0319

By applying now the upper-mentioned soft to evaluate the maximum error between rack-bar tool theoretical profile and its approximated profile, the result is 0.0229 mm. Thus, we can have a more precise image about the quality of approximation by poles applied in this case, but we also can study the error between the profiles variation, by making a graphical representation of the distance between them along the profiles, as it can be seen in Figure 3.

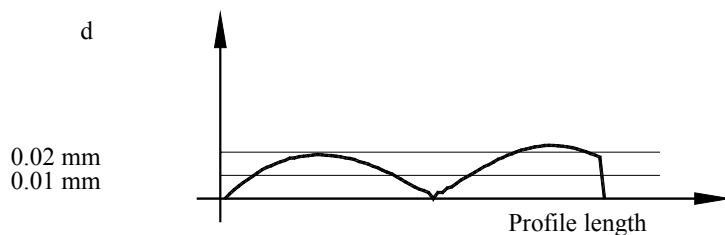


Fig. 3. The Distance between Profiles Variation

4. Conclusions

The algorithm and the soft imagined in order to measure the distance between curves given through files of points co-ordinates offer a useful tool, easy to apply and with precise results, when comparing profiles found by various, specific, numerical methods. The graphical representations that can be done as consequence of using the soft are also suggestive.

Received April 20th 2006

“Dunărea de Jos” University of Galați
Department of Machine Building

3.1 References

1. N. Oancea - „Generarea suprafețelor prin înfășurare, Vol.I – Teoreme fundamentale”, Editura Fundației universitare „Dunărea de Jos”, ISBN 973-627-106-4, ISBN 973-627-107-2, Galați, 2004.

2. N. Oancea - „Generarea suprafețelor prin înfășurare, Vol.II – Teoreme complementare”, Editura Fundației universitare „Dunărea de Jos”, ISBN 973-627-106-4, ISBN 973-627-107-6, Galați, 2004.
3. N. Oancea - „Generarea suprafețelor prin înfășurare, Vol.III – Complemente”, Editura Fundației universitare „Dunărea de Jos”, ISBN 973-627-106-4, ISBN 973-627-239-7, Galați, 2005.
4. G. Frumușanu, N. Oancea - „Representation by Poles as a Way to Approximate Wrapping Curves of Profiles Associated to Rolling Centroids. II – Applications”, Lucrare acceptată spre publicare la Conferința internațională ICMA5 2006, București.

4. (REZUMAT)

În lucrare sunt prezentate un algoritm și un program, concepute în scopul determinării cu precizie a distanței între două curbe date prin fișiere cu coordonate de puncte. Aplicabilitatea acestora este dată de necesitatea de a compara profilurile date prin puncte, așa cum rezultă ele cel mai frecvent din aplicarea metodelor numerice specifice utilizate în profilarea sculelor așchietoare.

104. Frumusanu G., *The Influence of Reconstruction Delay and Embedding Dimension Values onto Time Series Lyapunov Exponents Calculation* - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LIII (LVII), 2007, în curs de publicare.

105. Constantin I., Marinescu V., Paunoiu V., Marin F.B., *Corecția erorilor de poziționare pentru axele lungi ale mașinilor unelte cu angrenaj*, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, pag. 420-424, ISBN 978-9975-45-035-5.

Keywords: corecție, erori poziționare

Abstract: The retrofitted machines used in steel construction industry for punching and drilling of the steel beams generally have problems with the positioning precision of the movement axes. The axis used for the longitudinal displacement of the profiles presents the largest position errors. This paper presents a practical method for compensating the position errors of this axis.

1. Introducere

Mașinile folosite pentru perforarea sau găurirea profilelor metalice folosite pentru realizarea construcțiilor metalice au în general în componența lor o axa de lungime de ordinul 10-30 de metri. La asemenea mașini apar probleme deosebite în ceea ce privește precizia de prelucrare datorate erorilor de poziționare ale axei de lungime mare, axa pe care o vom numi în continuare axa X. Cu toate că precizia impusă acestor mașini este redusă de ordinul zecimilor de milimetru, erorile de poziționare ale axei X pot atinge valori de ordinul milimetrilor. Structura tipică pentru axa X este prezentată în figura 1. În figură sunt evidențiate:

- sistemul de comandă are ca elemente de bază un terminal de comandă compatibil PC, un controler logic programabil și un modul pentru mișcare specializat în comanda axelor (MM). Descrierea parametrilor și a modalitatea de programare a controlerului și a modulului de mișcare este descrisă [1].
- sistemul de acționare electric al axei este alcătuit dintr-un variator de viteză (Var), motor (M) și un traductor de viteză (Tv). Motorul poate fi de curent continuu, asincron sau servomotor fără perii comanda vitezei realizându-se în buclă închisă.
- lanțul cinematic cuprinde un reductor și o transmisie pinion - cremalieră (Pf-CRf) a cărei modul este mare.
- lanțul cinematic al sistemului de măsură are în componența sa un pinion de măsură cu modul de valoare redusă. Deplasarea unghiulară a pinionului sistemului de măsură este măsurată cu ajutorul unui traductor incremental. Având în vedere dimensiunile mari ale mașinii, în general cremalierele CRf și CRm sunt alcătuite din mai multe segmente care trebuiesc fixate.

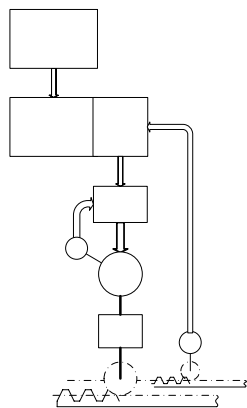


Figura 1. Structura axei X

Tipologia sistemului de comandă a acestor mașini și o descriere mai detaliată este realizată în [2].

Erorile de poziționare corespunzătoare axei X sunt datorate în principal uzurii cremalierii, montării imprecise a segmentelor care alcătuiesc cremaliera de măsură și jocul de întoarcere aferent mecanismului pinion-cremalieră de măsură. Erorile de poziționare ale axei X sunt o componentă importantă a erorii de prelucrare a mașinii. Pentru a reduce eroarea axei X s-a determinat o metodă de corecție a erorilor și un modul software care rulează la nivelul terminalului prin care se aplică această metodă.

2. Corecția erorilor de poziționare aferente axei X

Cea mai mare pondere a erorii axei X este datorată montării neconforme a cremalierii de măsură și abaterilor căii de rulare pe care se deplasează profilul. Erorile introduse astfel sunt dependente în special de cota X la care se realizează prelucrarea.

Pentru anularea erorilor sistematice se vor efectua mai multe operații de poziționare la cote mai mici decât lungimea segmentelor de cremalieră, pentru fiecare cotă reținându-se valorile componente erorii pentru axa X. Aceste valori vor fi memorate într-o bază de date memorată în terminalul PC. În prima fază se vor normaliza coeficienții în sensul ca pentru cota minimă a axei coeficientul de corecție va fi 0. Acest lucru se va realiza prin reglarea poziției punctului de referință.

Pe baza valorilor introduse programul care rulează pe terminal calculează un coeficient de corecție, programul ce rulează pe terminalul PC calculează pentru fiecare cotă valoarea medie x_m , valoare care diferă de valoarea impusă. Diferența este chiar corecția ce trebuie introdusă pentru cota x_i .

$$C(x_i) = x_i - x_m$$

Repartiția erorilor va fi una normală pentru care funcția de dispersie este:

$$f(d) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(d-x_m)^2}{2\sigma^2}}$$

unde:

x_m - media aritmetică a dimensiunilor

σ - abaterea medie pătratică

De asemenea programul de interfață va calcula și dispersia folosind abaterea medie pătratică. Astfel se poate determina precizia axei și în special porțiunile de cremaliera pentru care nu se poate obține precizia impusă mașinii. Prelucrarea fără rebuturi se va realiza dacă toleranța maxim admisibilă T îndeplinește condiția:

$$T < 6\sigma$$

Dacă există porțiuni foarte uzate acestea vor fi înlocuite, iar dacă pentru toate porțiunile de cremaliera se determină erori mai mari decât cele admisibile, atunci se va verifica starea pinionului de măsură, a cuplajului cu traductorul și a traductorului. Dacă precizia este corespunzătoare atunci pentru fiecare interval definit de două cote pentru care s-a efectuat prelucrarea statistică se va determina corecția pe baza celor doi coeficienți de corecție ale extremităților intervalului. Valoarea corecției pentru valori intermediare poate fi calculată prin interpolări liniare așa cum este evidențiat în figura 2.

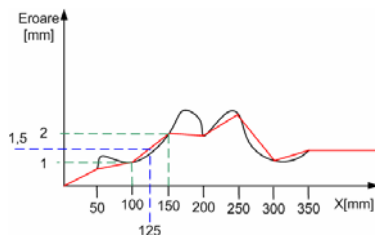


Figura 2. Predicția coeficienților de corecție pe intervale

După efectuarea procedurii de determinare a corecțiilor, programul care rulează pe terminal va transmite PLC-ului valorile cotelor impuse de operator la care va adăuga coeficientul de corecție determinând astfel anularea erorilor sistematice mai sus amintite.

Procesul de măsurare poate fi realizat de către personalul ce deservește mașina folosind instrumente adecvate. Erorile de măsurare introduse în baza de date vor determina dispersia erorilor pe un interval mai larg și apariția unor erori datorate acestui proces, erori care se vor reflecta asupra tuturor pieselor ce vor fi prelucrate ulterior. Un alt impediment al acestei metode constă în faptul că operația de compensare a erorilor necesită o perioadă mare de timp și numărul de puncte pentru care se realizează corecții nu poate fi foarte mare.

Pentru a îndepărta acest neajuns se poate monta temporar încă un traductor acționat folosind un mecanism cu fir, folosit pentru a comanda bucla de poziționare. Prima fază traductorul ce se mișcă solitar cu pinionul va fi folosit doar pentru a evalua starea cremalierii de măsură. Mașina va funcționa o perioadă folosind traductorul acționat de mecanismul cu fir, ansamblul având o precizie superioară mecanismului pinion cremaliera. În timpul prelucrărilor diferențele dintre măsurile celor două traductoare sunt înregistrate în baza de date și pe baza acestora se calculează coeficienții de corecție pentru toate punctele în care pe s-au realizat prelucrări. Metoda este preferată deoarece timpul de determinare a corecțiilor este eliminat mașina funcționând pe parcursul identificării erorilor cremalierii și a căii de rulare. Prețul unui traductor echipat cu mecanism cu fir este ridicat și de aceea acest traductor va fi folosit doar pentru determinarea corecțiilor axei X.

3. Concluzii

Metoda propusă în această lucrare este bazată pe un algoritm de determinare a impreciziilor axei de dimensiuni mai mare din structura mașinilor de prelucrat prin ștanțare sau găurire. Determinarea unei baze de date cu corecții pentru un set de poziții ale axei X și prelucrarea acestor date se realizează folosind un modul software care comunică cu controler-ului mașinii. Modul software dezvoltat și-a dovedit eficiența în cadrul unor întreprinderi de profil din România. Folosirea acestei metode a permis reutilizarea unor mașinii cu o vechime mai mare de 20 de ani.

Această lucrare s-a realizat cu sprijinul MEC România în cadrul programelor CEEEX 22/2005 și CEEEX 130/2006.

Bibliografie

1. Marinescu V., Sisteme și echipamente de comandă numerică. Vol. 1 Controlere logice programabile. Ed. Cartea Universitară București 2004. ISBN 973-7956-13-3. ISBN 973-7956-14-1(vol 1).
2. Marinescu V., Sisteme și echipamente de comandă numerică. Vol. 2 Comanda mașinilor de prelucrat prin ștanțare. Ed. Cartea Universitară București. 2004 ISBN 973-7956-13-3. ISBN 973-7956-15-X (vol 1).
3. Dumitru Gheorghe. Toleranțe și control dimensional. Ed. Scorpion Galati 2002. ISBN 973-858003-0-7
4. Shih-Ming Wang · Han-Jen Yu · Hung-Wei Liao-A new high-efficiency error compensation system for CNC multi-axis machine tools. International Journal of Advance Manufacturing Technology (2006) 28: p518–526. DOI 10.1007/s00170-004-2389-8
5. Kyoung Gee Ahn, Dong Woo Cho - International Journal of Advance Manufacturing Technology (1999)

Received February 25th, 2007

„Dunărea de Jos” University of Galați, Romania,

Department of Machine Manufacturing

ionut.constantin@ugal.ro

106. Cioca L., Breaz R.E., Racz G.S. *Fuzzy Logic Tehniques used in Manufacturing Process Reengineering*, Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Simulation, Modelling and Optimisation (SMO '06), Lisbon, PORTUGAL, September 22-24, 2006, (indexata ISI).
107. Cioca L., Breaz R.E., Racz G.S., *Multi-Criteria Decision Making Tehniques used in Manufacturing Processes Reengineering based upon Modelling and Simulation*, WSEAS Transaction on Systems, FRANTA, ISSN 1109-2777, (indexata ISI).
108. Racz G.S., Bologa O., Breaz R.E., *Optimisation of the eccentric press structure*, WSEAS Transaction on Systems, FRANTA, ISSN 1109-2777, (indexata ISI).
109. Brabie G., Cristea I., Schnakovsky C., Chirita B., Gherghel M., *Basic problems concerning the reconfiguration of manufacturing systems*, TSTM 12, Academia de Stiinte Tehnice, p/50-53, 2006.
110. Breaz R.E., Ciordea M.Z., *Comparing PI digital and fuzzy PD Controllers for Mechatronic feed drives by means of simulation*, Acta Universitatis Cibiniensis Buletin Stintific al Universitatii din Sibiu, Seria Tehnica A, Machine Tools and Robots, Sibiu, 2006, ISSN 1221-4949, (indexata BDI).
111. Breaz R.E., Oleksik V., Bologa O., *Studies Regarding the Feed Drive of a Specialised Machine Tool by Means of Dynamic Simulation*, Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS 2006, Published by Editura Academiei Romane, Bucharest 26-27 October, 2006, ISSN 1842-3183, (indexata BDI).
112. Racz G., Girjob C. *Dynamic Behaviour of The Mechanical Presses*, Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS2006, Published by Editura Academiei Romane, University POLITEHNICA of Bucharest, Machine and Manufacturing Systems Department, Bucharest, Romania, 26-27 October, 2006, ISSN 1842-3183, (indexata BDI).

113. Ciocan O., Ghiță E., *Process and Tool for Machining of Small Size Spherical Surfaces*, Analele Universității "Dunărea de Jos" din Galați, Fasc. V., Tehnologii în construcția de mașini, anul XXIV(XXIX) 2006, ISSN-1221-4566, p. 76-79. (indexata BDI).
114. Brabie G., Ene F., Chirita B., *Configuration of the deep drawing tools based on an optimization system using neural network methods*, TSTM 12, Academia de Științe Tehnice, p. 66 -70, 2006.

**CONFIGURATION OF THE DEEP DRAWING TOOLS BASED ON
AN OPTIMIZATION SYSTEM USING NEURAL NETWORK
METHODS**

G.BRABIE, F. ENE

University of Bacau, Romania

Abstract: Springback of draw parts considerably affects their accuracy and deviations from the theoretical profile. This instability phenomenon determines the following changes of the part shape and geometric parameters: arching of the part sidewall, modification of the angle formed by the part bottom and the sidewall, modification of the angle between the flange and the sidewall. The methods applied in order to reduce or eliminate springback are based on tools correction after designing and testing, on the utilization of special tools and devices, on the optimization of process parameters based on some methods that establish a link among springback parameters and the influencing factors of this phenomenon. These methods are expensive and necessitate a big number of experimental tests. Based on these conclusions, it is necessary the development of a method for the reduction or the elimination of the springback effects from the designing stage of forming tools and process.

Keywords: springback, hemispherical draw parts, tools correction, optimization system

1. INTRODUCTION

The drawing of the sheet metals is a complex process, characterized by a series of phenomena, influencing factors and specifically parameters. The main phenomenon that affects the precisions of the draw parts is springback. The effect of springback is contrary to the forming load and it modifies the values of the angles, the curvature of the part walls and the part dimensions.

The mathematical models for springback calculation are based on different simplifying hypotheses relative to different factors of influence. These models lead to important differences compared with the experimental values. For their improvement it is necessary to take into considerations other factors of influence (friction models, strain hardening, material anisotropy, residual stress distribution etc.). The technical methods applied for the reduction of springback are mainly: the correction of tools geometry with the value of springback angle; the supplemental deformation of the material; the utilization of stiffeners; the utilization of the punches with coining strips; the utilization of an arched counterpunch that induces supplemental deformations compensating for the springback; the utilization of variable blank holder force. These methods have positive effects but on the other side increase the tools complexity and costs.

The present paper analyses the conditions and steps needed in the application of the Neural Network method in the case of drawing processes. The optimization system based on the above mentioned method, had as main purpose the optimization of the drawing tools geometry and process parameters by reducing or eliminating the springback effects.

2. APPLICATION OF THE NEURONAL NETWORK METHOD

2.1. Description of optimization method

In order to determine the optimum process parameters in a shortest time and with a minimum effort of calculation and as an alternative to the previous presented optimization algorithm, the springback problem was solved by applying the neural networks method.

The utilization of the artificial neural network in order to find the optimum relation between the process parameters, tools geometry and springback parameters in the case of hemispherical drawn parts assumed the following four steps:

- data collection that consist into generate the training data. The ANN model will correctly solve the problem if it learns from a representative crowd of peculiar examples. If the data used in the training set is not representative for the input data class, we can expect poor performance with the test data set, even though performance can be excellent with the training data set. In the present work, the 27 values of the process parameters established according to the fractional factorial experiment design applied to the LMecA method were used as input data for the neural network and the values of the springback parameters resulted from the simulations were used as their associated targets.
- choice of the ANN model, when the number of the neurons within the hidden layer must be chosen so that the square mean error to the end of the training process to be minimum.
- the learning process of the neural networks when the neural networks must first be trained in order to be able then to generalize. The learning process assumes the connections weights adjustment. The most common method to change the weights connected to the net hidden neuron layers is the *backpropagation algorithm* that works as its name suggests: after the propagation of an input through the network, the error is calculated and it is propagated back through the net while the weights are adjusted in order to make the error smaller. The steps of the algorithm are as follows: to perform the random initialization of the weights, w_{ij} ; to perform the forward propagation phase for an input pattern and to calculate the output error; to perform the errors backpropagation and to change all weight values of each weight matrix using the following relation:

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \eta(t) \cdot e \cdot o_i \cdot o_{i+1} \cdot (1 - o_{i+1}) \quad (1)$$

where: w_{ij} are the connections weights, $\eta(t)$ is the learning rate; e is the error between the targets data and the current ones; o_i , o_{i+1} are the outputs of the i and $i+1$ neurons, respectively. It must be mentioned that the above relation is based on the unipolar sigmoid function: $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-input}}$; to go to step 1; the algorithm ends if all

output pattern match their target patterns. An especially attention should be paid to the training phase correctness because a lower error, however, does not always mean a better network. It is possible to overtrain a network. This happens when the network starts "memorizing" the training patterns, so that it is not able to generalize anymore. If the training is unsuccessful, it is most likely due to one of the following three factors: the network is capable to learn the problem but it has not been trained long enough; the network is capable to learn the problem but it is stuck in a local minima; the network is not powerful enough to learn the problem. There are many graphic instruments to monitor how the network is well learning. One of the simplest methods is to observe how the cost, which is the square difference between the network output and the desired response, changes over training epochs. This graph of the output error versus training epochs is called the learning curve. We must note that in principle the learning curve decreases exponentially to zero or a small constant when the learning process works well (the network overtrain not occurs); otherwise the learning curve will rise. Very useful in this sense is to set aside a small percentage of the training data and to use it for cross validation, which is a highly recommended criterion for stopping the training of a network. One should monitor the error in the training set and the validation set, respectively. When the error in the validation set increases, the training should be stopped. The goal of the stop criterion is to maximize the network generalization. In the case of the present analysis, a neuronal network with 3 layers (input layer, intermediary layer and output layer), a sigmoid function of activation between the input and intermediary layers and a linear function between the intermediary and output layers were chosen. In the input layer three neurons (respectively the three process parameters R_p , R_m , F) and in the output layer three geometric parameters that quantify the springback of the part (respectively r_p , r_m , ρ) were used. The number of neurons from the intermediary layer that permitted to obtain the smallest quadratic errors was equal to 4. For the learning of the network an algorithm of inverse propagation and a set of validation data

representing 20% from the total input data were used. The learning curve is represented in Figure 1.

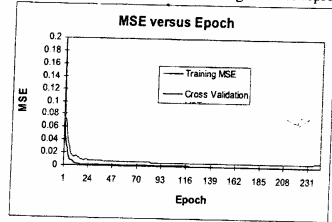


Figure 1. The learning curve of the network

By analyzing the above diagram it could be seen that the chosen ANN model leads to an adequate variation of the learning curve; as a consequence, the model will be used to the next functional phase of the neural network. In order to test the capacity of generalization of the network a set of validation data representing 30% from the total input data was used. In the Table 1 and Figure 2 a comparative analysis between the desired inputs and those prescribed by the network is presented.

Table 1. Values of the desired inputs and those prescribed by the network.

Desired values			Values prescribed by the ANN model		
r_p	r_m	ρ	r_p	r_m	ρ
56.59	7.1	63.85	56.113	7.080	63.396
55.57	5.01	60.71	55.486	4.967	60.643
55.11	7.37	62.57	54.923	7.067	62.253

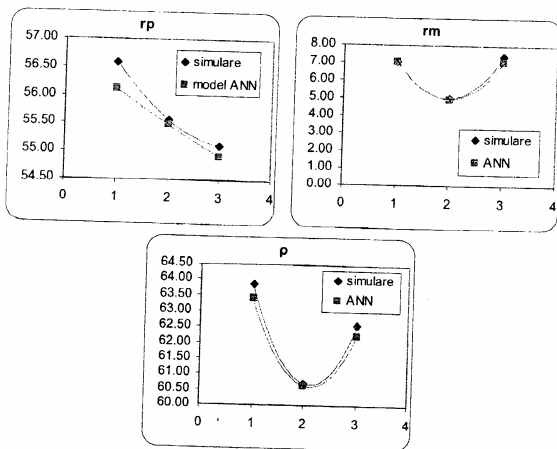


Figure 2. Comparative analysis between the desired inputs and those prescribed by the network.

By analyzing the above data and diagrams a good concordance between the desired outputs and the prescribed ones could be observed; as a consequence the neural network is validated.

2.2 Optimization of the process parameters and tool geometry

In order to find the best set of parameters that lead to the diminishing of the springback intensity, the above validated network will be tested for different combinations of process parameters and tool geometry. The following set of parameters was chosen: $R_p = 54.5$ mm; $R_m = 5.9$ mm; $F = 40$ kN. To validate the neural network method, a simulation has been performed using as input data this set of parameters and the obtained results were compared with the nominal geometry of the part. The comparative analysis of the results is presented in table 2.

Table 2. Comparative analysis of results

	R_p [mm]	R_m [mm]	F[kN]	r_p [mm]	r_m [mm]	ρ [mm]
Values from simulation using the ANN model	54.5	5.9	40	54.922	5.965	61.300
Values from simulation using FEM				55.00	6.40	61.58

By analyzing the above results, a good agreement between the nominal values of the geometric parameters of the part and those resulted from the simulation that used as input data the process parameters prescribed by the neural network could be observed. As a consequence, it can be considered as optimum the previous mentioned set of process parameters. In figures 3 and 4 the new configuration of the tools and process parameters and the resulted geometry of the part respectively are presented.

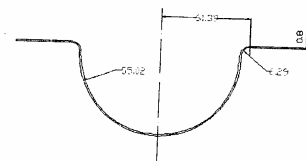


Figure 3. Tools corrected geometry

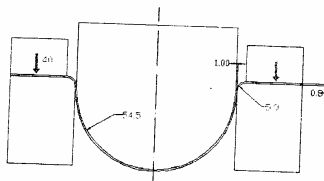


Figure 4. Resulted part geometry

3. CONCLUSIONS

1. In order to identify an optimum relation between the process parameters and the springback parameters, two optimization methods were used: LMecA method and Neural Network method, respectively.
2. By applying the LMecA method, good result were obtained by using the quadratic model. As result of the performed optimization, the deviations of the geometrical parameters of the part reported to the nominal profile were as follows: increased with 0,195mm for the radius of the part sidewall r_p , increased with 0,3762mm for the radius of connection between the part flange and part sidewall r_m , decreased with 0,514mm for the distance ρ between the two radii.
3. By applying the Neural Networks method, the deviations of the geometrical parameters of the part reported to the nominal profile were as follows: decreased with 0,088mm for the radius of the part sidewall r_p , decreased with 0,035mm for the radius of connection between the part flange and part sidewall r_m , decreased with 0,7mm for the distance ρ between the two radii.
4. By comparing the results obtained from the application of the two optimization techniques it was concluded that both methods could be successfully used to control the springback phenomenon in the case of hemispherical drawn parts. Unsignificant differences could be observed, both as concern the optimum

identified values of the process parameters and the geometry of the part resulted by their using (table 3). However, a little bit advantageous seems to be the neural networks methods because, once the adequate model was identified the determination of the optimum process parameters could be performed in a very short time and with a minimum effort of calculus.

Table 3. Comparative analyze of the results

	R_p [mm]	R_m [mm]	F[kN]	r_p [mm]	r_m [mm]	ρ [mm]
Values obtained from calculation by using the quadratic method	55.444	6.2935	50	55.195	6.3762	61.486
Values from simulation using the ANN model	54.5	5.9	40	54.922	5.965	61.300
Nominal values				55.00	6.000	62.000

Acknowledgments

This research was performed with the financial support from the Romanian Ministry of Education and Research in the frame of the "CEEEX - module 1 Programme".

References:

- [1] Viswanathan V., a.o., *Experimental implementation of neural network springback control for sheet metal forming*, Dep. of Mec. Eng. Northwestern Univ., Evanston, IL, 2001
- [2] Cho I.N., Hung, C., *Finite element analysis and optimization on springback reduction*, International Journal of Machine Tools & Manufacture 39, (1999), 517-536
- [3] Pairel E., a.o., *A method to determine relations between process conditions and draw part geometry*, XVI International Scientific and Technological Conference on Design and Technology of Drawpieces and Die Stamping, Poznan, Poland, 2004
- [4] Pairel E., a.o., *Geometrical defects correction of stamping parts by numerical simulation and design of experiment*, Archives of Civil and Mechanical Engineering, vol. 4, n°4, 2004
- [5] Arrioux R. a.o., *A method of springback compensation based on finite element method and design of experiment*, INETFORMEP, Conference Proceedings, Poznan-Wasowo, Poland, (2005), 69-83
- [6] Kinsey a.o., *Consistent and minimal springback using stepped binder force trajectory and neural network control*, Journal of Engineering Materials and Technologies, Vol. 122, 2000
- [7] Fausen L., *Fundamentals of neural networks*, Prentice-Hall, 1994, ISBN 0 13 042250 9
- [8] Ene F., PhD Thesis, Univ. Politehnica, Bucharest, 2006

TSTM – 12

The technical progress in the field of machines building is based on the remarkable results of the scientific researching activity extended on a large area of preoccupation relating to the technologies, technologic systems and specific materials.

The papers contained in this volume refer to the recently theoretical and experimental researches concerning the optimisation of the technologies and working technologic systems, the obtaining and utilisation of materials having superior features, the assurance of the products quality.

TSTM is an annual publication edited and printed by the Editorial Office of the Department of Academic Research from the Engineering Faculty – University of Bacau.

This volume contains the most recent theoretical and experimental studies concerning the topical and perspective problems in the conception and manufacturing field of the technologic plants and equipments.

The work is edited under the aegis of the Romanian Academy of Technical Sciences and University of Bacau, the Committee of Scientific Reviewers and co-ordinating editors including an impressive teaching staff of the departments of speciality from Foreign and Romanian Univeristies.

ISSN 1224 - 7499

115. Brabie G., Chirita B., *Application of the neural network method in optimization of the drawing process of hemispherical parts made from metal sheets*, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Polish Academy of Sciences, vol. VI, no. 2, 87-92, 2006, (indexata **BDI**).
116. Brabie G., *Optimization system based on LMeca – Taguchi/Neural Network methods for the compensation of errors generated by springback in the case of drawparts made from metal sheets*, Proc. of IDDRG 2006 Conf. Porto, 346-351, (indexata **BDI**).
117. Maier C., Kosmalski N., Banu M., Epureanu A., Paunoiu V., *Design of the virtual model of re-drawing process. În: Reconfigurable Manufacturing Systems - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).*

Design of the virtual model of re-drawing process

C. Maier¹, Kosmalski N.², M. Banu¹, Epureanu Al.¹, Paunoiu V.¹

¹University of Galati, DITDP – 111, Domneasca Street, 800201 Galati, Romania
URL: www.ugal.ro e-mail: catalina.maier@ugal.ro

²Ecole des Mines de Douai – 941, rue Charles Bourseul, 59508 DOUAI Cedex, France
URL: www.ensm-douai.fr e-mail: nicolas.kosmalski@minesdedouai.fr

ABSTRACT: This paper deals with the develop the finite element modelization of the re-drawing process in order to create his virtual model. The finite element is a method that permits to reduce the time and the cost in the designing. Then in a second time a good finite element model permit to avoid or complement laboratory characterization of material for re drawing. methodology for developing a laboratory inverse re-drawing device. The drawing process is performed in two phases: a direct drawing of a circular blank followed by a second reverse re-drawing phase on the same device.

A work is also done on the finite element model for the single deep drawing. This single deep drawing is used to validate the parameters of the numerical model. The main goal of this simulation is to define geometrical parameters of the process, in order to design a reverse re-drawing machine, and have the possibility in the future to compare experimental results and finite element results. The second goal is the estimation of the blank reaction (ability to support the process), and eliminate as well the default obtain during the simulation.

Key words: finite element simulations, inverse re-drawing, strain path

1 INTRODUCTION

This study deals with the creation of a finite elements simulation of a reverse deep redrawing process. The re drawing is a process decomposed in several stages, and permit to obtain better results than a single step drawing (part 2).

Firstly, the goal is to determined correct numerical parameters (part 3.3) for a simulation of deep drawing. This research is based upon the comparison between a single drawing experimentation (part 3.1) and the result of the simulation of this experience (part 3.2).

The parameters is used in the simulation of the reverse drawing (part 4) in order to dimension reverse deep drawing tools parameters (clearance between the punch and the die/round radius of the punch and the die). A good simulation also permits to avoid or complement laboratory characterization of reverse deep drawing process.

2. GENERALITY ON REVERSE DRAWING

The severity of a deep drawing pass on a metal blank could be represented by the draw ratio that is defined as $\beta = D_0/d_0$ (where D_0 is the blank diameter and d_0 the punch diameter). A blank with a certain thickness and

material characteristics, has a draw ratio limit β_{lim} which represent the most severe operation that it can be submit to. In this way a blank could pass through a deep drawing operation if $\beta < \beta_{lim}$.

When high drawing ratios is required the process is decomposed into several steps. There are usually two kinds of redrawing: the direct and the reverse one.

The direct re-drawing use punch travel in the same time whereas reverse re-drawing punch travel in the opposite direction.

Logically, the thickness reduces due to the first pass makes that the limiting draw ratio has to be decrease for the next steps :

$$\frac{d_o}{e} = k \cdot \beta_{lim} \quad (1)$$

where:

e - steel thickness

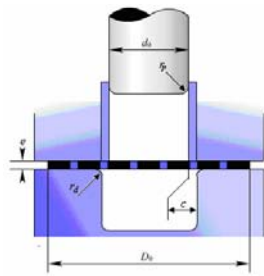
k - proportionality factor.

In the facts, we observe that β_{2lim} (limit drawing ratio on the second step) is superior to the estimation of β_{2lim} based on the thickness reduction. The modification of the hardening parameters due to the first pass and the bending-unbending effects when sheet pass in the second step enhanced the material drawing properties.

3. VALIDATION OF A FINITE ELEMENT MODEL

The comparison between the model and the experiments is realized for the HSLA steel (cf. tab 1). The FEM also was realized for the DP600 steel. Both of them steels are designed for drawing operation.

Is detailed below, the geometrical parameters both used in the model and in the experimentation:



Punch diameter	$d_o = 82.36\text{mm}$
Punch round radius	$r_p = 5.5\text{mm}$
Blank thickness	$e = 1\text{mm}$
Blank diameter	$D_o = 138\text{mm}$
Die round radius	$r_d = 8\text{mm}$
Clearance	$c = 1.3\text{mm}$
Drawing depth	$P = 41\text{mm}$

Fig 1 - Geometrical parameters

The draw ratio (i.e. severity of the pass defined as $\beta = D_o/d_o - cap.l$) of the operation is $\beta = 1.67$. The limiting draw ratio (the severity that steel can be submit to) for HSLA steel in our case is $\beta_{lim} = 1.81$.

Tab 1 - Material properties

Material	Y_0 [Mpa]	R_m [Mpa]	E [Mpa]	ν
DP600	260	840	210000	0.33
HSLA	370	530	210000	0.33

Tab 2 - Power law parameters

Material	A	m	E [Mpa]	ν
DP600	1093	0.187	210000	0.33
HSLA	673	0.131	210000	0.33

3.1 The experimental procedure

A 3 mm diameter circle (d_{ini}) patterns is printed on the blank. When the drawing is done, the circle's deformation were measured by electronic microscope and given the major and minor strain.

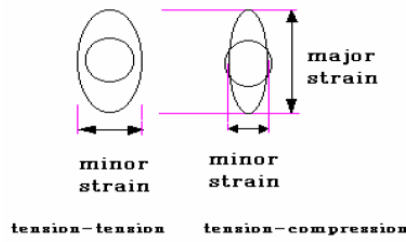


Figure 2 - Deformation of the grid

Tab 3 - circle's deformation

i	d maj.	d min.	
1	4,649	1,806	Wall of cup
2	4,871	1,884	
3	4,21	1,993	
4	4,24	2,053	
5	4,16	2,446	
6	3,245	2,621	
7	3,146	3,043	Bottom of cup
8	3,006	3,046	
9	3,052	3,234	
10	3,154	3,217	
11	3,154	3,117	
12	3,142	3,032	

The circle 12 is tangent at the center, and circles indexes from 12 to 7 are disposed on the base of the cup. The circle 1 is on the blank border and circles 1 to 6 are disposed, from the border, n the wall of the drawn cup. The circle on the cup round can't be measured.

From these measures, the major and the minor strain (ϵ_1, ϵ_2) are calculated:

$$\epsilon_1 = \ln(d_{maj}/d_{ini}) ; \epsilon_2 = \ln(d_{min}/d_{ini}) \quad (2)$$

Then the thickness strain (ϵ_3) is deduced with the volume conservation rule:

$$\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 0 \quad (3)$$

Assumed that is a plane stress model, (normal forces on contact are neglected) the stress is calculated with Lévy-Von Mises criteria:

Hook rules:

$$\begin{cases} \epsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)] ; \epsilon_{xy} = G \cdot \sigma_{xy} \\ \epsilon_y = \dots \\ \epsilon_z = \dots \end{cases} \quad (4)$$

So it can be deduced the stress :

$$\begin{cases} \sigma_x = 2G \left[\epsilon_x + \frac{\mu}{1-2\mu} (\epsilon_x + \epsilon_y + \epsilon_z) \right] \\ \sigma_y = \dots \\ \sigma_z = \dots \end{cases} \quad (5)$$

This relation is obtained :

$$\frac{\sigma_x - \sigma_y}{\varepsilon_x - \varepsilon_y} = \frac{\sigma_y - \sigma_z}{\varepsilon_y - \varepsilon_z} = \frac{\sigma_z - \sigma_x}{\varepsilon_z - \varepsilon_x} = 2G \quad (6)$$

In general case :

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\varepsilon_2 - \varepsilon_3} = \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} = cste \quad (7)$$

In the situation of plane stress:

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} = \frac{\sigma_2}{\varepsilon_2 - \varepsilon_3} \quad (8)$$

Huber-Mises-Hencky plastic criteria:

$$\sigma_{\max} - \sigma_{\min} = \beta \sigma_0 \text{ with } \beta=1.1 \quad (9)$$

In our case if $\sigma_1 > \sigma_2$ then $\sigma_1 - \sigma_2 = \beta \sigma_0$

So the stress can be deduce from strain :

$$\frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \cdot \beta \cdot \sigma_0 = \sigma_1; \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \cdot \beta \cdot \sigma_0 = \sigma_2 \quad (10)$$

3.2 The numerical model

The finite element simulation is realized with the implicit code MscMarc. A two dimensions model is used with linear quad elements and with the large strain multiplicative option and use coulomb friction. The material is defined as elasto-plastic and use a power law modelisation (Swift law) :

$$\sigma = A\varepsilon^m \quad (11)$$

Tab 4 - parameters of the simulation

The optimize parameters	
Relative sliding velocity	0.075
Friction coefficient	0.01
Contact	0.01
Contact bias	0.1

3.3 Comparison between simulation and experimentation

Here a good strain correlation between the result of the FEM and experimentation is observed: 0,88 for the major strain and 0,97 for the minor strain.

The axy-symmetric simulation gives results close to the experimentation but there is anyway a gap between the series of strain. The average difference in the wall strain is about 20% and more than 100% in the bottom of the cup. Anyway, the simulation gives usable and coherent in the wall. And underestimation of 20% of the maximum strain value in the wall has to be taken in account to obtain coherent results. But the results in the bottom of cup are unusable.

The plane stress simulation doesn't give good strain results because the compressive stress under the blank holder is not applied on elements. And so only the stress due to the die round radius is involved in the model, what it explain the tray allure for the strain in the wall (see the plane stress modelization strain in the figure 3 and 4). Contrary to the plane stress model, axy-symmetric model take in account the compressive stress and so gives better results.

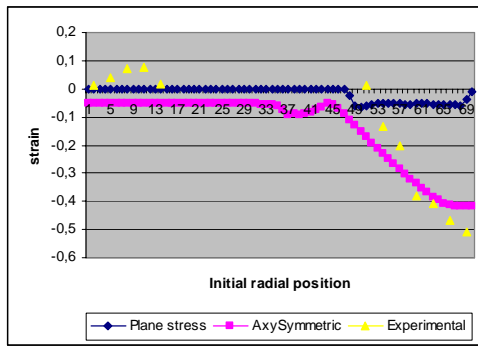


Fig 3- Minor strain for the two FEM modelization and experimental datas

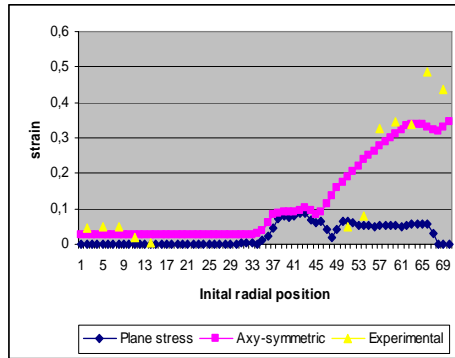


Fig 4 - Major strain

4. REVERSE RE-DRAWING SIMULATION

In order to create a laboratory reverse re-drawing tool, the finite elements method allows to shearsh optimize dimension for this.

4.1 Characteristics of the simulation

This simulation uses the parameters in table 4 and the characteristics of DP600 and HSLA steels. The first pass is the same than previous with a drawing depth of 29,5 mm. The second pass use a 47 mm diameter punch and has a drawing depth of 58,5 mm. Initially there is a clearance of 5,2 mm between the punch and the die on the second pass. This clearance was too high and creates undulations. (see the table of synthesis to reduce clearance). The final clearance is set at 1,2 mm but increase the stress in the sheet. Consequently we reduce the clearance on the first pass at 1,5 mm in order to reduce the stress and help the sheet move.

4.2 Increases of material abilities in a reverse redrawing process

In our case the second step's limiting draw ratio is $\beta_{2lim} = 1,33$. But the draw ratio on the second pass in the simulation ($\beta_2 = 1,75$) is over the limit. As explain in the part 2. The modification of the material history and the effect of "re-treatment" of the second pass enhanced material drawing abilities.

Tab 5- Draw ratios of the reverse drawing FEM

	First pass	Second pass	Over All
β	1,67	1,75	2,92*
β_{lim}	1,81	1,33	

(*ratio if operation was made in a single pass)

Moreover it seems harder to evaluate the limiting draw ratio for the second pass except by realized tests or create a finite element model dedicate to this.

5. CONCLUSION

Once the numerical model is validate, this allow to use in combination with the laboratory trial of deep drawing in order to reduce time and cost on the drawing characterization operation. The result of the reverse drawing simulation permit to evaluate the abilities of such a process. Secondly some important geometrical parameters (like, the clearance) were evaluate and improve the design of tools for a reverse drawing machine.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been material and logistic funded by the National Excellence Research Project -CEEX contract no. 22/2005.

REFERENCES

ABSTRACT: This paper deals with the methodology for developing a laboratory inverse re-drawing device. The drawing process is performed in two phases: a direct drawing of a circular blank followed by a second reverse re-drawing phase on the same device.

Finite element simulations are carried out in order to i).define geometrical characteristics of the modular re-drawing device and to ii). estimate the punch force evolution for different dimensions of punch, die and blankholder and for a large class of materials. Based on such FEM simulations, springs for the developed reverse deep drawing device are dimensioned. The use of springs gives the possibility to deform the material with an imposed blank-holder force. Finally, a draw of the designed modular device is presented considering all the results of the finite element simulation.

Key words: finite element simulations, inverse re-drawing, strain path, modular device

1. M. Banu, C. Maier, S. Bouvier, H. Haddadi, C. Teodosiu Data Preprocessing and Identification of the Elastoplastic Constitutive Models - WP3, Task 1, 18-Months Progress Report, Digital Die Design Systems (3DS) IMS 199 000051, (2001), 22-29.
2. W.Johnson, P.B.Mellor, Engineering plasticity , ELLIS HARWOOD SERIES IN MECHANICAL ENGINEERING, 1987
3. Manuel Nemoz, Generality on the deep drawing, (Universite de Poitiers)
4. Amit Mukund Joshi, STRAIN STUDIES IN SHEET METAL STAMPINGS

118. Maier C., Tabacaru V., Banu M., Bouvier S., Marinescu V., *Designing of a modular set of inverse re-drawing dies aided by FEM simulation.* În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).

Designing of a modular set of inverse re-drawing dies aided by FEM simulation

C. Maier¹, V. Tabacaru¹, M. Banu¹, S. Bouvier², V. Marinescu¹

¹University of Galati, DITDP – 111, Domneasca Street, 800201 Galati, Romania
URL: www.ugal.ro e-mail: catalina.maier@ugal.ro

²University Paris13, LPMTM – 93430 Villetaneuse, France
URL: www-lpmtm.univ-paris13.fr e-mail: sb@lpmtm.univ-paris13.fr

2 INTRODUCTION

The analysis of the inverse re-drawing process provides several advantages as (i) the imposed strain path changes are severe and complex leading to a better analysis of the accuracy of the finite element analysis, (ii) large amount of deformation can be imposed where limitations due to the localization problems are reduced, (iii) the imposed strain path changes can determine the compensation of the bending-unbending effects (tensile stress and bending moment) due to the material flow over the tools radius during the first stage of the deep-drawing process.

In this study we propose to proceed with a direct drawing of a circular blank followed by a second inverse re-drawing stage using a laboratory device. These two stages must to be progressive in order to avoid the errors due to the positioning of the piece obtained in the first stage.

2. DESIGN OF THE INVERSE RE-DRAWING DIES

The laboratory device is designed considering these cases:

- material – AL5182, DP600, HSLA (table 1);
- pieces type 1 and 2 (fig.1, table 2)

Material	Y ₀ [Mpa]	R _m [Mpa]	E [Mpa]	ν
AL5182	130	340	72000	0.32
DP600	260	840	210000	0.33
HSLA	370	530	210000	0.33

Table 1

type of the piece	D [mm]	T [mm]	H [mm]	R [mm]
1	78	1	70	8,5
	74	1,2	70	10
	70	1,5	70	11
2	60	1	70	8,5
	52	1,2	77	10

Table 2

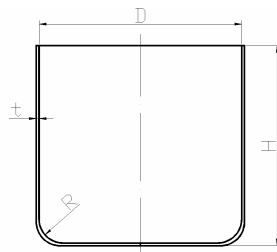


Figure 1

This device has changeable tools (punch, die, blankholder) in order to assure the conditions to obtain all pieces, using all materials considered.

The definition of the tool-sets (punch, die, blankholder, clearance) and choice of process parameters (number of forming stages, forces to apply) must be performed for every type of the piece and material considered. Improvement of design and tryout procedures using numerical simulation may have a significant impact on the cost of the tools and on the reduction of the total time from design to manufacture, also with the possibility to provide better solution than those determined from purely experimental tryout procedures. Following the preliminary design, the tools must have the geometry presented in figure 2 in order to perform the deep-drawing in two stages on the same device.

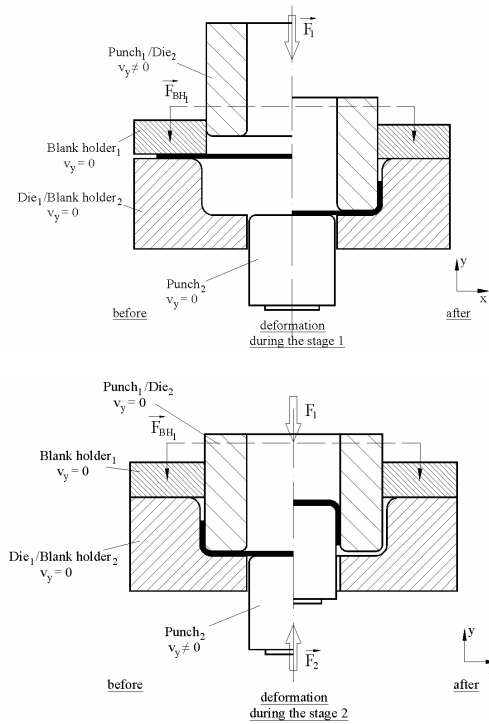


Figure 2

2. FINITE ELEMENT SIMULATION

Finite element simulations using a static-explicit finite element code STAMP3D, released within Integrated V-CAD Research System Program in RIKEN Institute, Japan, and an implicit code MARC Mentat 3.2 are carried out in order to estimate the punch force evolution for different dimensions of punch, die and blankholder, and for a large class of materials.

We considered the symmetry of the system and its result, in order to model only half of it (figure 3).

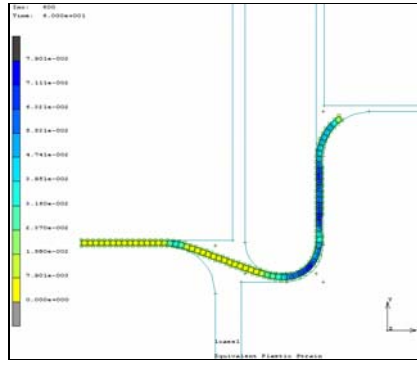


Figure 3. Equivalent plastic strain distribution during the second stage

The type of the finite element used is plane stress quadratic (4 nodes) element in MARC Mentat 3.2. Hardening law considered is Swift (isotropic hardening) for steels (DP600 and HSLA) and Voce (isotropic hardening) for aluminium alloy.

Table3. Swift law (isotropic hardening) parameters [1]

Parameter	DP600	HSLA
Y_0	308.3	367.7
ϵ_0	0.00082	0.07157
n	0.132	0.139
C	720.2	530.9

Table4. Voce law with kinematic hardening parameters [1]

Parameter	Value
Y_0	148.5
C_R	9.7
R_{sat}	192.4

The simulation with the initial parameters has two problems: firstly the simulation doesn't reach the end and undulations appear.

Generally when the simulation doesn't reach the end it's due to the nodes positions when they enter in contact, or fast stress increases at an increment of the simulation. These problems could be solved by some geometrical modifications, or punch speed modification.

The parameters are modified one by one in order to keep reversibility if the simulation doesn't well run.

The first modifications were made to make the simulation reach end. The first idea is to decrease stress due to the first pass by modifying the first pass geometry. But the solution was to change the second step clearance.

Once the simulation reach the end, we try to reduce undulation by reduce the second step clearance. The optimized value of the second step clearance is 1,22 mm (calculate by the Kaszmarek relationship [...])

Table 5

but we arrived to obtain results for clearance a few bit inferior to that (1,2 mm). The First step clearance was also enlarge to decrease stress.

Chronology of geometrical adjustment is presented in the table 5.

Simulation #	Inc stop (last inc=1014)	Drawing depth	Clearance 1	Clearance 2	Punch Round Radius 1	Die Round Radius 1	Punch Round Radius 2	Die Round Radius 2	Relative sliding velocity
0	593	30	1,3	5,2	5,5	8	8,5	5,5	1
10	809	58,5	1,3	5,2	5,5	8	8,5	5,5	1
20	924	54,5	1,3	5,2	5,5	8	8,5	5,5	1
Seek optimized first pass parameters									
21	802	58,5	1,3	5,2	5,5	8	8,5	5,5	1
22	809	58,5	1,3	5,2	6	8	8,5	5,5	1
23	419	58,5	1,3	5,2	6,5	8	8,5	5,5	1
24	413	58,5	1,3	5,2	5,5	8,5	8,5	5,5	1
25	417	58,5	1,3	5,2	5,5	9	8,5	5,5	1
26	840	58,5	1,3	5,2	6	8,5	8,5	5,5	1
31	407	58,5	2,1	5,2	6	8,5	8,5	5,5	1
32	289	58,5	3,7	5,2	6	8,5	8,5	5,5	1
Seek optimized second pass parameters									
40	1000	58,5	1,3	2,2	6	8,5	8,5	5,5	1
41	1014	58,5	1,3	2,2	5,5	8	8,5	5,5	1
Reduction of the undulation									
50	787	58,5	1,3	1,5	5,5	8	8,5	5,5	1
60	1005	57,5	1,5	1,5	5,5	8	8,5	5,5	1
70	1014	57,5	1,5	1,5	5,5	8	8,5	5,5	0,075
80	910	58,5	1,5	1,3	5,5	8	8,5	5,5	0,075
81	1014	58,5	1,5	1,3	6	8	8,5	5,5	0,075
90	783	58,5	1,5	1,2	6	8	8,5	5,5	0,075
91	1014	58,5	1,5	1,22	6	8	8,5	5,5	0,075
100	1014	58,5	1,5	1,2	5,5	8	8,5	5,5	0,075

Following the finite element analysis we obtain the punches force evolution (fig. 4) necessary to define the final dimensions of the tools and to select the optimum necessary press-machine. We represented in figure 4 the evolution of the punches force in the intermediary state during the second stage, the same state like in figure 3.

Maximum forces to apply are obtained for first stage (on the punch 1) of the process. This values is used to define the final dimensions of the tools.

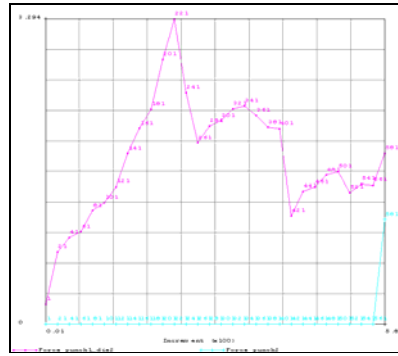


Figure 3 Punch 1 and punch 3 force evolution

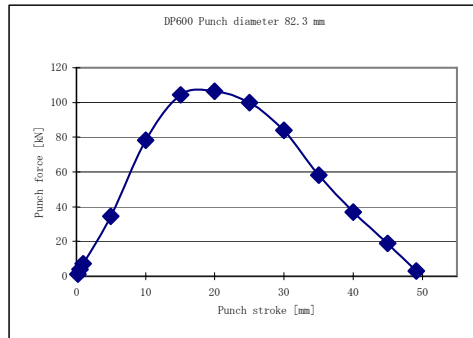


Figure 4 Punch 1 force evolution for DP600

On the figure 5 we can notice the earing effect due to the anisotropy (fig. 6) of the material and we use this one in order to check the height of the piece obtained in the first stage of the process.

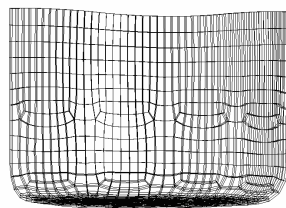


Figure 5 Earing effect for DP600 at 50 mm height obtained after the first stage

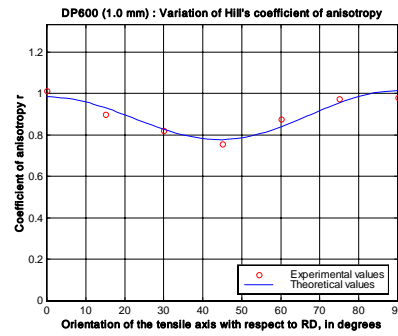


Figure 6 Anisotropy of DP600

3 CONCLUSIONS

For the reverse re-drawing simulation the geometry of the dies is defined. The DP600 and HSLA steel have the abilities to support the severity of reverse re-drawing process. In the same time these steels are designed for this kind of operation. The evaluate draw ratio ($\beta_{2lim}=1,75$) on the second pass is very good (superior to the draw ratio on the first pass).

3. ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been material and logistic funded by the National Excellence Research Project - CEEEX contract no. 22/2005.

REFERENCES

5. M. Banu, C. Maier, S. Bouvier, H. Haddadi, C. Teodosiu Data Preprocessing and Identification of the Elastoplastic Constitutive Models - WP3, Task 1, 18-Months Progress Report, Digital Die Design Systems (3DS) IMS 199 000051, (2001), 22-29.
6. R. E. Dick, J. W. Yoon, F. Barlat, Convolute Cut-Edge Design for an Earless Cup in cup Drawing, *In: NUMISHEET 2005*, Eds. L.M. smith, F. Pourbograth, J.W Yoon, T.B. Stoughton, (2005), 713-718.
7. A. Baptista, J. L. Alves, M. Oliveira, D.M. Rodrigues, L. F. Menezes, Application of the Incremental Volumetric Remapping Method in the Simulation of Multi-Step Deep Drawing Processes, *In: NUMISHEET 2005*, Eds. L.M. smith, F. Pourbograth, J.W Yoon, T.B. Stoughton, (2005), 173-178.

119. Epureanu A., *Reconfigurable manufacturing systems – the next generation*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).

120. Lixandru I., Epureanu A., Frumusanu G., Craciun M.V., *Coherence of RMS thermo-mechanical fields*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
121. Epureanu A., Marin F.B., Oancea N., Marinescu V., *Programming of reconfigurable machining systems – a new approach*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
122. Alamano A.M., Hauk N., Epureanu A., *Adaptive-optimal control of reconfigurable machine tool*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
123. M. Banu, A. Epureanu, O. Naidim, *A new algorithm for springback prediction of the automotive body cars using artificial intelligence methods*, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
124. Frumusanu G., Oancea N., *The influence of Poles Chois on the Approximating Precision of Wrapping Profiles Given by Poles*, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica “Gh. Asachi”, 2006, Iasi, Tomul LII(LVI), Fasc. 5, Sectia Constructii de Masini, p.123-16, ISSN 1582-6392.

THE INFLUENCE OF POLES CHOICE ON THE APPROXIMATING PRECISION OF WRAPPING PROFILES GIVEN BY POLES

Key words: profiles given by poles, poles choosing, precision.

5. **ABSTRACT:** REPRESENTATION OF PLAIN CURVES BY POLES IS ALREADY KNOWN AND USED. A SOLUTION TO APPROXIMATE, ON INDUSTRIAL STRICTLY ACCEPTABLE CONDITIONS, WRAPPING CURVES OF PROFILES ASSOCIATED TO ROLLING CENTRODS, WHEN REPRESENTATION BY POLES IS USED, WAS ALSO IMAGINED. THIS PAPER ANALYSES THE INFLUENCE OF POLES CHOOSING MANNER ONTO THE APPROXIMATION QUALITY, IN ORDER TO IMPROVE IT.

Representation by poles as a way to approximate wrapping curves of profiles associated to rolling centroads was treated in more generating cases, by using a rack-bar tool, a pinion or a rotating cutter [1]. We further consider the case of generating a straight-line profile by using a rack-bar tool, to exemplify the influence of poles choice onto the approximation precision.

2. Theoretical Considerations

In figure 1, the couple of rolling centroads, the reference systems and the elements profile whose wrapping curve should be approximated are presented:

- xyz means a fix reference system, having its z axis – axoid (centrod, C_1) symmetry axis - overlaid to worked piece symmetry axis;

- XYZ – mobile system, initially overlaid to the fix one, jointed to generated profile;
- $\xi\eta\zeta$ – mobile system, jointed to the tool centrod, C_2 .

Relative kinematics between upper mentioned reference systems (see also Fig. 1) can be expressed as it follows, [2]:

$$(1) \quad \xi = \omega_3^T(\varphi) \cdot X - a,$$

where

$$(2) \quad a = \begin{Bmatrix} -R_{rp} \\ -R_{rp} \cdot \varphi \end{Bmatrix}.$$

After making substitutions and calculus, (1) becomes

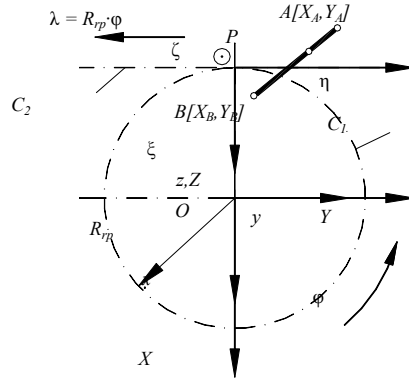


Fig. 1. Straight Line Segment Generated by a Rack-Bar Tool Case

$$(3) \quad \begin{Bmatrix} \xi \\ \eta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} P_x \\ P_y \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} -R_{rp} \\ -R_{rp} \cdot \varphi \end{Bmatrix}.$$

In equation (3), P_x and P_y mean the co-ordinates of current point P, placed on Σ profile, expressed by poles [1]:

$$(4) \quad \Sigma \begin{cases} P_x = \lambda \cdot X_A + \mu \cdot X_B; \\ P_y = \lambda \cdot Y_A + \mu \cdot Y_B; \end{cases}$$

$$(5) \quad \lambda + \mu = 1,$$

or

$$(6) \quad \Sigma \begin{cases} P_x = \lambda \cdot X_A + (1 - \lambda) X_B; \\ P_y = \lambda \cdot Y_A + (1 - \lambda) Y_B, \end{cases}$$

where X_A, X_B, Y_A, Y_B meaning the co-ordinates of AB segment bottom points.

Thus, the segments Σ family, generated into $\xi\eta$ system during the motion expressed by equation (3), can be described through equations like:

$$(7) \quad (\Sigma)_\varphi \begin{cases} \xi = P_x \cdot \cos \varphi - P_y \cdot \sin \varphi + R_{rp}; \\ \eta = P_x \cdot \sin \varphi + P_y \cdot \cos \varphi + R_{rp} \cdot \varphi, \end{cases}$$

if the form (6) is used to express Σ profile. The enveloping curve of profiles family, expressed by the poles of segment (6), can be obtained by associating to equations (7) the enveloping condition [1],

$$(8) \quad \frac{\xi_{\varphi}'}{\xi_{\lambda}'} = \frac{\eta_{\varphi}'}{\eta_{\lambda}'},$$

where λ and φ are the two variables defined during the considered generating process.

2. Approximating Solution

In principle, the rack-bar tool profile enveloping curve, $(\Sigma)_{\varphi}$, is an curve arc, given into $\xi\eta$ system by

$$(9) \quad S = \begin{pmatrix} \xi_1, \eta_1 \\ \xi_2, \eta_2 \\ \vdots \\ \xi_n, \eta_n \end{pmatrix},$$

matrix found by giving variation to λ and φ variables.

The purpose is to define the S profile by using a second degree function as:

$$(10) \quad S_{app} \begin{cases} P_X = (1-\mu_1)^2 \cdot A_{\xi} + 2\mu_1 \cdot (1-\mu_1) \cdot B_{\xi} + \mu_1^2 \cdot C_{\xi}; \\ P_Y = (1-\mu_1)^2 \cdot A_{\eta} + 2\mu_1 \cdot (1-\mu_1) \cdot B_{\eta} + \mu_1^2 \cdot C_{\eta}, \end{cases}$$

$\mu_1 \in [0,1]$, where A_{ξ} , A_{η} , B_{ξ} , B_{η} , C_{ξ} and C_{η} are constants that should be found.

The coefficients of second degree function giving rack-bar tool profile - S_{λ} – can be found by imposing the condition that three points from its profile should be coincident with three points from the approximated profile, S_{app} . Thus, the equations system which allows the constants identification can be obtained [1]:

$$(11) \quad \text{when } \mu_1 = 0 \rightarrow \begin{cases} \xi_A = C_{\xi}; \\ \eta_A = C_{\eta}; \end{cases}$$

$$(12) \quad \text{when } \mu_1 = 1 \rightarrow \begin{cases} \xi_B = A_{\xi}; \\ \eta_B = A_{\eta}; \end{cases}$$

$$(13) \quad \text{when } \mu_1 = 0.5 \rightarrow \begin{cases} \xi_p = 0.25 \cdot A_{\xi} + 0.5 \cdot B_{\xi} + 0.25 \cdot C_{\xi}; \\ \eta_p = 0.25 \cdot A_{\eta} + 0.5 \cdot B_{\eta} + 0.25 \cdot C_{\eta}. \end{cases}$$

3. The Influence of Intermediary Pole Choice

Obviously, when μ_1 takes the values 0 and 1, the coincidence between extreme points of approximated profile and theoretical one is imposed; the question is if we can make a better choice for the third, intermediary point, where the coincidence between the two curves to be imposed, in order to reduce approximation errors. In other words, it is interesting if instead of taking $\mu_1 = 0.5$ in relation (13) a different, but close, value will lead to a better approximation.

Table 1. Maximum Approximating Errors

Crt. No.	μ_1	Max. Error [mm]
1	0.45	0.0219
2	0.46	0.0156
3	0.47	0.0090
4	0.48	0.0041
5	0.49	0.0130
6	0.50	0.0174
7	0.51	0.0237

By using a special dedicated soft to measure the distance between two curves given through file of points [2], the influence of μ_1 value considered in relation (13) on the approximation errors can be studied. The case of exterior 8x52x60 mm slots generating was analysed.

Maximum error between theoretical and approximating curves was calculated and error variation curve along profiles was drawn when μ_1 took, successively, the values: 0.45, 0.46, 0.47, 0.48, 0.49, 0.50, and 0.51. The results are presented in Figure 2 and Table 1.

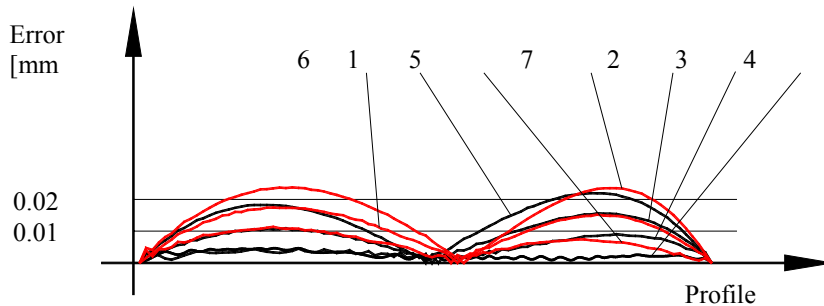


Fig. 2. Approximation Error along Profile Variation

4. Conclusions

As it can be observed, the correct choice of intermediary pole has a major influence on the approximation precision. There is always an optimum μ_1 value (in our case 0.48, instead of 0.5), which leads to a significant reduction of approximation errors (here from 0.0174 mm to 0.0049 mm).

Received April 20th 2006

“Dunărea de Jos” University of Galați
Department of Machine Building

5.1 References

- 1 N. Oancea, G. Frumușanu - „Representation by Poles as a Way to Approximate Wrapping Curves of Profiles Associated to Rolling Centroids. I – Algorithms”, Lucrare acceptată spre publicare la Conferința internațională ICMaS 2006, București.
2. G. Frumușanu – „Algorithm and Soft to Evaluate the Errors between Profiles Given through Points”, Lucrare propusă spre publicare la Conferința internațională TMCR 2006, Iași.

125. Banu M., Florescu M., Epureanu A., Marinescu V., ***An econometric model of the body cars manufacturing***, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
126. Frumusanu G., Epureanu A., ***Chaotic dynamics of cutting processes applied to RMS Control***, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
127. Paunoiu V, Maier C., Epureanu A., Banu M., ***Virtual compensation of springback in sheet metal deformation with multipoint reconfigurable die*** În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
128. Maier C., Banu M., Paunoiu V., Epureanu A., ***Sheet metal forming analysis with multipoint reconfigurable die using data mining technique*** , În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
129. Stoian C., Frumusanu G., ***RMS design principle***, În: **Reconfigurable Manufacturing Systems** - Thematic Serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University, Vol.1, Editor: Alexandru Epureanu. Fasc. V., anul XXV(XXX) 2007, ISSN-1221-4566, (indexata **BDI**).
130. George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Ciprian CUZMIN, ***The monitoring of a lathe using an artificial neural network - 5th part***, (recordings spectral analysis, use of ANN on monitoring of the tool wear), SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29-31 May
131. George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Ciprian Cuzmin, ***The monitoring of a lathe using an artificial network – 6th part*** (statistics, monitoring, fuzzy C-means methos), SISOM 2007 and Homagial Session of the Commission of Acoustics, Bucharest 29-31 May.
132. George C. Balan, Alexandru EPUREANU ***The monitoring of the turning tool wear process using an artificial neural network***, presented at “The 2nd I*PROMS Virtual International Conference on Intelligent Production Machines and Systems”, Cardiff, U.K., 2006, published in Intelligent Production Machines and Systems, Elsevier, 2006, Editors D.T.Pham , E.E.Eldukhri, A.J.Soroka, pp. 20-25 (indexata BDI)
133. Balan C., Epureanu A, Vacarus V, ***The monitoring of a lathe using an artificial neural network - 3rd part (the experimental setup)***, The Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics SISOM 2006, Academia Romana, Bucuresti, May 2006.

THE MONITORING OF A LATHE using AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK – 3RD PART (THE EXPERIMENTAL SETUP)

George C. BALAN, Alexandru EPUREANU, Viorel VACARUS

Universitatea Dunarea de Jos din Galati

6. STR. DOMNEASCA NR. 47 GALATI – 800 008 ROMANIA

George.BALAN@ugal.ro

Abstract- The study of machine-tool dynamic is realized here as “monitoring”, meaning checking and improving the functioning of the machine. The state of processing is followed by certain sensors whose signs are processed inside the computer and then it takes the decision of monitoring, meaning the identification of a class from the set of classes (process conditions).

In this part of the paper we continue the presentation of the experimental setup (cutter holder accelerations, cutting temperature, surface roughness, power), of the cutting working conditions and of the tool wear.

Keywords: monitoring, lathe, experimental setup

1. INTRODUCTION

In the first part of this paper there are presented: -the classes (tool conditions) for monitoring in turning; -the artificial neural networks – ANNs (the creation of an ANN with the function *newff*).

In the second part of this paper there are presented the batch training of an artificial neural network with Levenberg-Marquardt algorithm and the experimental setup for components of cutting forces.

In this part of the paper we continue the presentation of the experimental setup (cutter holder accelerations, cutting temperature, surface roughness, power), of the cutting working conditions and of the tool wear.

2. CUTTER-HOLDER ACCELERATIONS

3 Bruel&Kjaer 4329 type accelerometers, with measuring range $0.1 < f < 20$ KHz and the sensitivities described below were mounted on a plate solidary with cutter holder:

- $s = 12.5$ mV/g, for accelerations on direction x (a_x);

- $s = 11.5$ mV/g, for accelerations on direction y (a_y);

- $s = 13.5$ mV/g, for accelerations on direction z (a_z).

The connection of each accelerometer to Spider device is made according with schema in figure 1.

There exists the relationship:

$$a_{real} = \frac{a [mV]}{s [mV/g]} = \frac{a}{s} \cdot g = \frac{9.81}{s} \cdot a [m/s^2], \quad (1)$$

where a [mV] is the input into Spider; therefore the PC recorded value is :

Connecting to carrier-frequency module

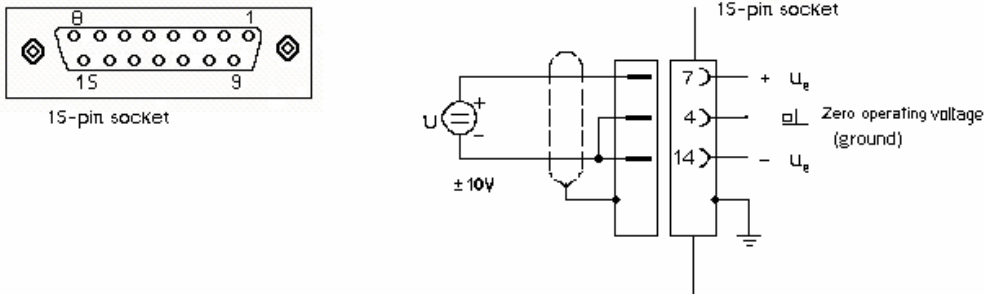


Fig. 1

$$\begin{aligned}
 a_x^{real} &= \frac{9.81}{12.5} \cdot a_x^{inr} = 0.785 \cdot a_x^{inr} \\
 a_y^{real} &= \frac{9.81}{11.5} \cdot a_y^{inr} = 0.853 \cdot a_y^{inr} \\
 a_z^{real} &= \frac{9.81}{13.5} \cdot a_z^{inr} = 0.727 \cdot a_z^{inr}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

For example, the oscillogram a_z^{inr} in figure 2 shows recording no. 101.

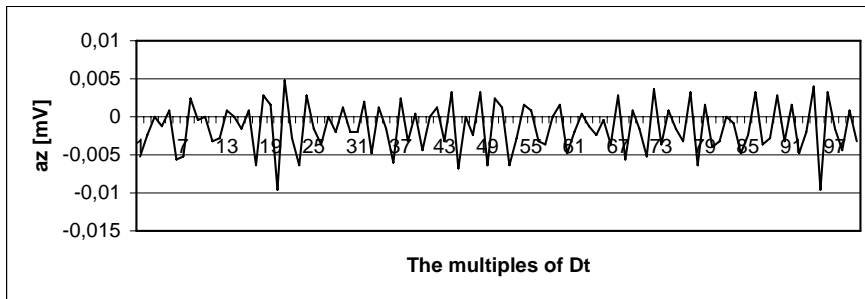


Fig. 2

Fig. 3 shows a view of the experimental stand with wires connected to strain gauges and the accelerometers mounted on the cutter-holder.

3. THE AVERAGE TEMPERATURE OF THE CUTTING TOOL [6]

a)- The cutting heat. The thermal balance at the metals cutting

In the cutting process, there is a growth of the chip, tool and semi-product good temperature because of the transformation of a percent of 99,5 % from the cutting mechanical work in heat. There are 3 sources of heat (fig. 4): - the shearing plan; - the recess surface of the tool; - the laying face of tool.

If it is noted with Q_ϕ , Q_γ and Q_α the quantity of heat from these sources, then the total quantity of heat is given by the relation: $Q=Q_\phi+Q_\gamma+Q_\alpha$.

(3)

The emitted heat is propagated in the chip, in the tool, in the piece and in the envioning medium, so that we can make the explanation: $Q = Q_{\phi p} + Q_{\phi a} + Q_{cp} + Q_{ca} + Q_{\gamma p} + Q_{\gamma s} + Q_m$,

(4)

where: $Q_{\phi p}$ is the quantity of heat proceed from the transformation of the mechanical work of deformation in the shearing plan and taken by the piece ; $Q_{\phi a}$ - is the quantity of heat proceed from the transformation

of the mechanical work of deformation in the shearing plan and taken by the chip; $Q_{\alpha p}$ - is the quantity of

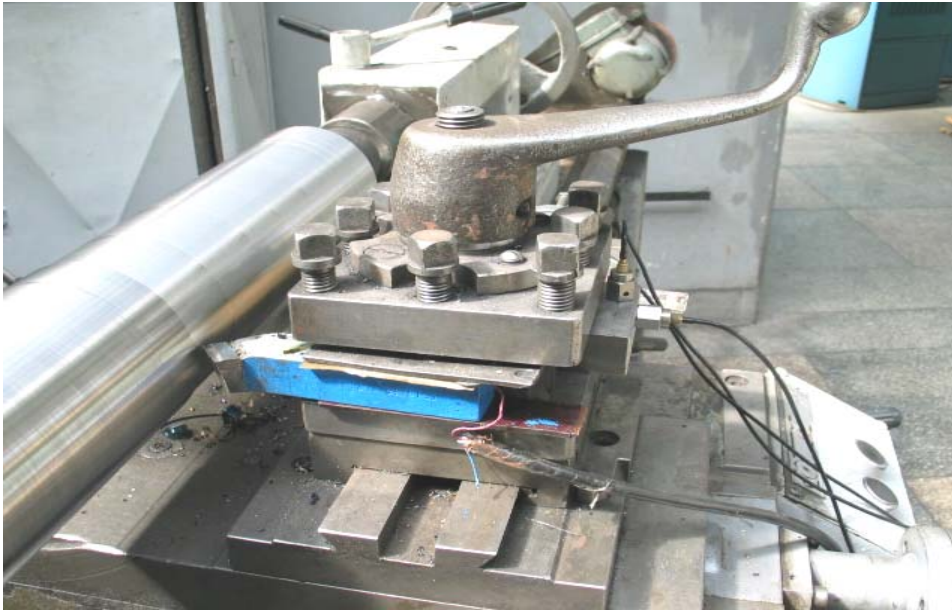


Fig. 3

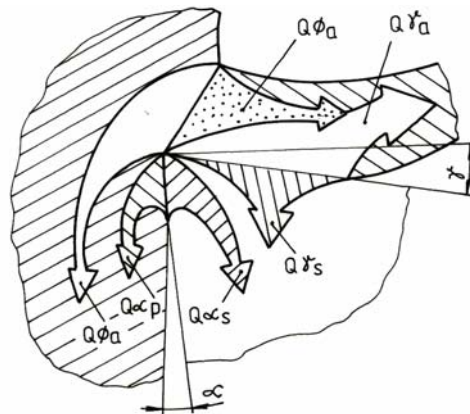


Fig. 4. Surse de caldura la aschiere

heat proceed from the transformation of the mechanical work of friction on the laying face and taken by the piece; $Q_{\alpha s}$ - is the quantity of heat proceed from the transformation of the mechanical work of friction on the laying face and taken by the tool; $Q_{\gamma s}$ - is the quantity of heat proceed from the transformation of the mechanical work of friction on the recess face and taken by the tool; $Q_{\gamma a}$ - is the quantity of heat proceed from the transformation of the mechanical work of friction on the recess face and taken by the chip; Q_m - is the quantity of heat taken directly by the environment.

The repartition of the cutting heat between the chip, the piece, the tool and the environmental medium depends on the cutting process, the thermal characteristics of the piece and tool material and the cutting parameters (especially on the cutting speed).

Oriently, the quantity of heat – at the turning – is divided in the following way: 75% in the chip; 20% in the piece; 4% in the tool; 1% in the environmental medium, but it differs a lot from this state, proportionally to the growth of the cutting speed.

b)- Experimental methods for measuring the temperature of the tool edge

The experimental methods for measuring the cutting temperature can be divided in 2 groups:

- methods by which it is determined the average temperature of the chip and of the semi-product (the calorimetric method, the tempering colour method, the thermo-colour substances method);
- methods by which it is determined the average temperature of different areas of the chip or of the tool (the thermo-electric method, the radiation method).

To determine the average temperature of the edge, it can be used the thermocouple formed by the tool material and the piece one (the natural thermocouple). The tool has obligatory to be electrically isolated from the machine frame.

In the registerings from no. 1 to 144, it was used the device Spider, in concord to the connexion from fig. 5.

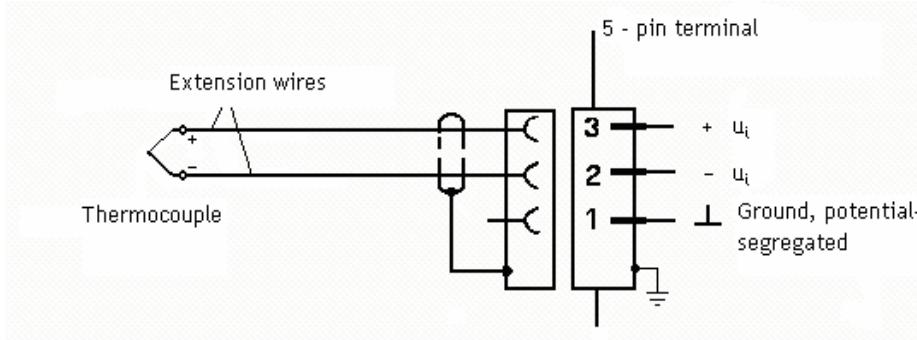


Fig. 5

Because the circuit is ended through the speed box and the feeds box, the contacts are realised in different points (from an cutting regime to another), the registerings from PC are not relevant.

This is why, for the registerings from 145 to 186, it was used a schema in which the electric circuit piece – tool is ended through a collector with graphite (fig. 6).

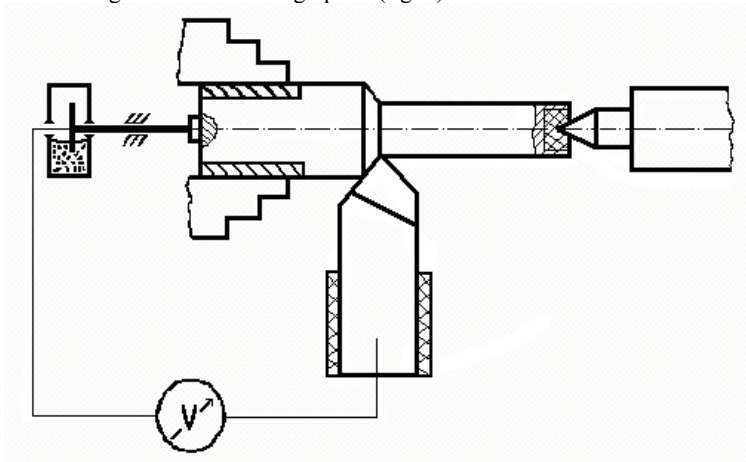


Fig. 6

The voltmeter measures a tension directly proportional to the temperature. The voltmeter scale has 48 divisions to which correspond 20 mV, that means a division has $20 / 48 = 0,417$ mV/div.

This thermocouple cannot be gauged because it cannot be reproduced the tool-piece contact into an oven (with a known temperature).

4. SURFACE ROUGHNESS R_a

Beginning with the registering no. 89, we have also measured the roughness with the device “Surtronic 3+” produced by the “Taylor / Hobson – Pneumo” from England. The “Surtronic 3+” is a portable, self contained instrument for the measurement of surface texture.

The parameter of roughness R_a is the arithmetic mean of the departures of the profile from the mean

$$\text{line: } R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| \cdot dx.$$

6.1 5. THE POWER given by the electric engine

6.2 In the [2] it is shown that it was also used the power given by the electric engine in order to obtain the monitoring indices in [4].

6.2.1 For this parameter we had at our disposal the device for measuring the power of a three-phase electric engine CIRCUTOR CVM-B (Spanish).

6.2.2 We couldn't use this device because a perturbation in the cutting process is damped in the kinematic chain which ended with the electric engine.

7. WE CONSIDER IT WOULD BE USEFUL TO MEASURE THE INSTANT POWER $P = F_z \cdot V$, WHICH ALSO IMPLIES THE REGISTRATION OF THE PIECE SPEED (ROTATION) VARIATION.

8. 6.- EXPERIMENTAL RESULTS

[4] carry out 624 recordings, the cutting-tool being deteriorated in 49 instances; page 134 reads the sampling frequency of $v_{samp} = 2000$ Hz. We consider this value rather high, because on page 135 $v_{max} = 500$ Hz, and according Shannon's theorem $v_{samp} > 2 v_{max}$.

[5] shows that tool – piece assembly has two natural frequencies: $\nu_1 = 150$ Hz si $\nu_2 = 2500$ Hz.

191 recordings were made and the parameters of the *Spider* device were set on: sampling frequency = 9600 /s, no. of periods = 1, samples / period = 4800; i. e. the device samples the received signals with a frequency of 9600 Hz, but it can send to PC a recording with 4800 samples, which corresponds to 0.5 sec.

9. EACH WORKING SESSION LASTED NEARLY 30 SEC., AND BY HALF THIS TIME, THE SPIDER DEVICE WAS CONNECTED FOR ONE SECOND.

a)- Cutting working conditions

Piece diameters $D = 113 \div 93.4$ mm, the cutting depths $t = 0.5 \div 3$ mm, rotations $n = 63 \div 500$ rot / min., longitudinal advances $s = 0.024 \div 0.5$ mm/rot.; cutting speed $v = \pi D_{med} n / 1000 = 22.3 \div 177.4$ m/min.

On each passing on the whole piece length ($L = 1000$ mm) the t constant was preserved, while s or n varied.

b)- Tool wear

10. AFTER EACH PASSING, THE TOOL WEAR WAS MEASURED WITH THE HELP OF A BRINELL LENS. THE WEAR SPOT LOOKED IRREGULAR (LIKE A TRIANGLE), SO THE WEAR CRITERION VB_{MAX} WAS USED [2].

The recordings which reached the limits of classes in table 2.2 (from [2]) were calculated by means of interpolation.

7. ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by a grant CNCSIS [1].

REFERENCES

1. BALAN, G., *Monitorizarea unui strung utilizand o retea neuronala artificiala*, Contract (grant tip A) nr 33 445 / '02, Tema 19, Cod CNCSIS 451.
2. BALAN, G., EPUREANU, A., *The monitoring of a lathe using an artificial neural network – 1-st part (Theoretical basis)*, pe CD-ul "The Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics SISOM 2004, Academia Romana, Bucuresti, May 2004".
3. BALAN, C. G., EPUREANU, A., POPESCU, F., 2005, *The monitoring of a lathe using an artificial neural network – 2nd part (the training of an artificial neural network and the experimental setup)*, "The Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics SISOM 2005, Academia Romana, Bucuresti, May 2005", pe CD-ul Simpozionului.
4. DU, R., ELBESTAWI, M. A., WU, S. M., 1995, *Automated Monitoring of Manufacturing Processes, Part 1: Monitoring Methods, Part 2: Applications*, ASME Journal of Engineering for Industry, may, vol. 117, Part 1-pp. 121 - 132, Part 2 – pp. 133 - 141.
5. EPUREANU, A., 1983, *Technologies in machine building*, EDP, Romania.
6. OANCEA, N., s.a. *Procese de aschiere. Experimente de laborator*, Ed. TEHNICA-INFO Chisinau, 2002

134. BALAN, C. George; EPUREANU, Alexandru; POPA, Rustem & CONSTANTIN, Ionut, *CHATTER DETECTION USING THE MAIN CUTTING FORCE*, trimisa la The 18th INTERNATIONAL DAAAM SYMPOSIUM "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Creativity, Responsibility and Ethics of Engineers", Croatia, 24-27th October 2007, (indexata ISI).

CHATTER DETECTION USING THE MAIN CUTTING FORCE

BALAN, C. George; EPUREANU, Alexandru; POPA, Rustem & CONSTANTIN, Ionut

Abstract: (Li, 1997) uses the coherence function between two crossed accelerations to identify chatter in turning. In a frame of an experiment we registered the accelerations of the cutter-holder, for different cutting wear classes ($c1 \div c6$), where $c6$ means "Chatter". 12 monitoring indices were calculated, among which: $X_5 \rightarrow F_z$ variation range; $X_6 \rightarrow$ number of intersections of oscillogram F_z with its average value. The histograms of the column matrices corresponding to the monitoring indices X_5 and X_6 , shown for each class, underline the accurate use of these indices values for chatter detection. The coherence function between the accelerations in the directions Y and Z was calculated. The class recordings $c6$ falls (with an exception) under the criterion from (Li,1997), but it can be seen that 75 % from the $c2$ class recordings takes maximum value of the coherence function equal to or greater than 0.91. The first 6 monitoring

indices were calculated for these recordings. According to a new criterion (which operate with the monitoring indices X_5 and X_6), these recordings are **not** within the class $c6$, but class $c2$. As a conclusion, we believe that the new criterion is much more efficient than those at (Li, 1997).

Key words: turning, chatter detection, coherence function

1. INTRODUCTION

(Li, 1997) uses the coherence function between two crossed accelerations (in the directions: axial X and vertical Z, measured by two accelerators mounted on the tool shank), to identify chatter in turning.

In a frame of an experiment which aimed at the monitoring of a lathe (Balan & Epureanu, 2006 & 2005) we registered the accelerations of the cutter-holder, for distinct tool wear classes.

In table 1 the classes (tool conditions) are shown.

II. LA-12. S	Tool conditions	Identification on cutter	Identification on work-piece
c_1	Normal	$VB < 0.1 \text{ mm}$, or $VB_{\max} < 0.2 \text{ mm}$	-----
c_2	Slight Wear	$0.11 < VB < 0.2 \text{ mm}$, or $0.21 < VB_{\max} < 0.4 \text{ mm}$	-----
c_3	Medium wear	$0.21 < VB < 0.3 \text{ mm}$, or $0.41 < VB_{\max} < 0.6 \text{ mm}$	-----
c_4	Severe wear	$0.31 < VB < 0.4 \text{ mm}$, or $0.61 < VB_{\max} < 0.7 \text{ mm}$	-----
c_5	Tool breakage	$VB > 0.41 \text{ mm}$, or $VB_{\max} > 0.71 \text{ mm}$	-----
c_6	Chatter	Fresh tool	Chatter marks
c_7	Air cutting	-----	-----

12.1 Table 1. The classes in turning

In order to obtain the monitoring indices we have to use:

- strain gauges glued on the cutting-tool, which measure the components of the cutting force (F_y - the repelling force, F_z - the main force);
- accelerations of cutter holder vibrations (a_x , a_y , a_z).

The signs of the sensors are registered simultaneously with the device SPIDER 8 (Hottinger).

The experimental setup is shown in (Balan & Epureanu, 2006 & 2005).

2. EXPERIMENTAL RESULTS

191 recordings were made:

- Recordings 43 ÷ 63, 72 ÷ 75, 77 ÷ 87 fit into class " c_1 " ($VB_{\max} \leq 0.2 \text{ mm}$), i. e. 36 Recordings (with 4800 samples each), which will be split into 5 groups (with 960 samples

each), noted with $a \div e$; therefore we have 180 rec.;...

- " c_6 " (Chatters) → 64, 67, 76, 95, 131, 172, 185 ⇒ 7 Rec. x 5 groups = 35 rec.;

Remark: only with class c_6 a periodical vibration appears in vibrogram F_z , whereas a_z deploys the phenomenon of "beats"; with the other classes the variations are random.

We choose at random 22 recordings: 1-054-c1; 2-057-c1; 3-080-c1; 4-084-c1; 5-087-c1; 6-089-c2; 7-090-c2; 8-091-c2; 9-093-c2; 10-100-c2; 11-105-c2; 12-114-c3; 13-115-c3; 14-116-c3; 15-117-c3; 16-124-c3; 17-127-c3; 18-131-c6; 19-149-c3; 20-168-c4; 21-171-c4; 22-179-c4. The "c" parts of these 22 recordings will be moved into an EXCEL table (only columns "a_z" and "F_z") and then they were transferred into MATLAB.

12 monitoring indices were calculated: $Z_1 = v \rightarrow$ cutting speed;... $Z_5 \rightarrow F_z$ variation range (recording which has 960 samples was split into 4 equal parts – 240 samples each – and the maximum and minimum values were calculated for each part; X_5 is the difference between the maximum and minimum average values); $Z_6 \rightarrow$ number of intersections of oscillogram F_z with its average value \bar{F}_z ; $Z_7 \rightarrow$ the average of F_z power spectral density in the frequencies range 1 - 2400 Hz; ...

These indices, which were calculated for the 22 recording, make up the matrix "x", with 22 rows and 12 columns.

Matrix "x", sixth column (of index X_6) shows only 3 two digits values (among which that one in row 18, corresponding to recording no. 131, from class " c_6 " (Chatter)), the rest being of three digits. We conclude that the other two recordings (row 9 → Rec. 093 and row 22 → Rec. 179) belong to c_6 , instead of c_2 , c_4 respectively. This fact is sustained in column X_5 , where the value of this index for the 3 recordings is of two digits, and the rest of one digit.

Based on the values of the X_6 and X_5 monitoring indices, recordings 72 ÷ 75 (in class c_1) and 180 (in c_5) were moved into class c_6 .

3. THE HISTOGRAMS

The histograms of the column matrices corresponding to the monitoring indices X_5 and X_6 found for each class, underline the accurate use of these indices values for chatter detection: most recordings that belong to the first 5 wear classes takes the values of $X_5 \in [6, 10]$, the maximum value being 14 (except for 3 values of 15 and 16 at c_4 and one value of 15 at c_5), while at class c_6 (Chatter) the minimum value is 10, most recordings take $X_5 \in [10, 24]$, and at 3 recordings $X_5 \in [50, 55]$. At c_6 the maximum value of X_6 is 200, most of them being within [40, 100], while with the first 5 classes, except a few, the minimum value is 150.

4. THE COHERENCE FUNCTION

Considering the relations between the cutting force components:

$$F_x = (0.25 \div 0.35) F_z ; F_y = (0.35 \div 0.50) F_z ,$$

and taking into account that:

- the force F_y brings about the distortion Δy which influences directly the dimensional precision and the cylindrical form;
- the force F_z it is not significant because the distortion Δz spreads only in little measure and is conversely proportional with the diameter of the piece;

-the force F_x depends, mainly, of the speed of the longitudinal advance (if small advances are used, it is possible to omit this component), we will calculate the coherence function between the accelerations in the directions Y and Z, by using the function COHERE from MATLAB.

For minimum 2 recordings in each class we calculated the coherence function; the results are presented in table 2.

Because the majority of recordings reach the maximum of the coherence function at the lowest frequency values, maximum which is not considered significant, we will eliminate the first three frequency values when determining this maximum and its position (the frequency when the maximum is reached), values shown in table 2.

5. CONCLUDING REMARKS

The c_6 class recordings fall (except for one) under the criterion from (Li, 1997). However it can be seen that 3 out of the 4 recordings in c_2 class take a maximum value of the coherence function equal to or greater than 0.91. Table 3 presents – for these 3 recordings – the first 6 monitoring indices, the first column showing the number of recordings.

Class	c 1		c 2			c 3			c 4		
Rec.	077	080	090	091	096	111	114	115	125	166	176
Max.	0.898	0.86	0.91	0.93	0.87	0.92	0.77	0.685	0.75	0.356	0.61
Freq.	2530	2530	4093	4130	4019	3684	2419	3795	3981	2679	3870

c 5		c 6				c 7	
183	184	064	067	072	131	179	188
0.25	0.3	0.91	0.94	0.936	0.99	0.52	0.43
3386	4800	3051	2865	149	3572	2753	2977

Table 2. The maximum of the coherence functions

090a	133	1	0.334	59.873	5.8618	334
090b	133	1	0.334	60.192	5.2483	373
090c	133	1	0.334	60.519	5.3846	361
091a	133	1	0.302	58.968	6.407	275
b	133	1	0.302	58.123	6.816	280
c	133	1	0.302	58.813	7.225	202

111a	163.3	1.2	0.375	89.327	6.9182	513
b	163.3	1.2	0.375	89.779	6.6797	493
c	163.3	1.2	0.375	89.539	7.9066	452

Table 3. The firsts 6 monitoring indices for the recordings no. 090, 091, 111

According to the criterion presented in chapters 2 and 3 (which operate with the last 2 columns in table 3), these recordings **do not** fall under class c6 (Chatter), but in c2.

As a conclusion, we believe that the criterion operating with the monitoring indices X_5 (variation range) and X_6 (number of intersections...) is much more efficient than those at (Li, 1997).

6. ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported through two grants by Ministry of Education of Romania: (Balan, 2002) and (Epureanu, 2005).

7. REFERENCES

BALAN, GC; EPUREANU A, 2006, *THE MONITORING OF THE TURNING TOOL WEAR PROCESS USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*, PRESENTED AT "THE 2ND I*PROMS VIRTUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT PRODUCTION MACHINES AND SYSTEMS", CARDIFF, U.K., PUBLISHED IN INTELLIGENT PRODUCTION MACHINES AND SYSTEMS, ELSEVIER, 2006, EDITORS D.T.PHAM, E. E. ELDUKHRI, A.J.SOROKA, PP. 20-25

Balan, GC; Epureanu A, 2005, *The monitoring of a lathe using an artificial neural network (1-st part)*, Annals of DAAAM for 2005 & Proceedings of the 16-th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing...", ISSN 1726-9679, ISBN 3-901509-46-1, Croatia, p. 019-020.

Balan, GC. 2002, *The monitoring of a lathe using an artificial neural network*, Grant type A nr. 33 445, Theme 19, Cod CNCSIS 451

Epureanu, A, 2005, Contract no. 22 CEEEX I03/'05, MEdC, *Simulation, modeling and virtual production methods based on informatics and communication technologies*

Li, XQ, Wong, YS, Nee, AYC, *Tool wear and chatter detection using the coherence function of two crossed accelerations*, Int. J. Mech. Tools Manufact., Vol. 37, No. 4, 1997, pp. 425-437

MATLAB 6.5

135. G. Balan și A. Epureanu *The monitoring of a lathe using an artificial neural network (1-st part)*, Annals of DAAAM for 2005 & Proceedings of the 16-th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing...", ISSN 1726-9679, ISBN 3-901509-46-1, 19-22nd October 2005, Croatia, p. 019-020, (indexata ISI).
136. Banu M., Naidim O., Epureanu, A., *Artificial Neural Network applied to the Extrusion Die Wear Prediction*, International Journal of Materials and Product Technology, ISSN (Online): 1741-5209 - ISSN (Print): 0268-1900, 2006 (indexata ISI).
137. Gavrus, M. Banu, E. Ragneau, C. Maier, V. Marinescu, *Identification of Material Parameters for Deep-Drawing Process Using An Inverse Analysis of the Erichsen Test*, Conferinta Internationala SIA2007, 24-25 octombrie 2007, Caen, Franta, (indexata ISI).
138. Ciocan Ovidiu, *Echipament Tehnologic Destinat Prelucrării prin Deformare Plastică Superficială a Suprafețelor Cilindrice Exterioare*, Lucrările T.M.C.R., Editura Tehnică a Moldovei, Chișinău, 2007, pag. 271- 275, ISBN 978-9975-45-035-5 (vol. 1).
139. Păunoiu Viorel, Spiridonescu Cornelia, Nicoară Dumitru, Epureanu Alexandru, *Researches regarding the deep drawing with combined restraint*, TMCR, Chisinău, 2007, pag. 279-284, ISBN 978-9975-45-035-5.
140. Vacarus V., Gheorghies C., Dima Mircea, *Diagnosis of the structural changes intro superficial layer during high speed machining*, DIPRE Bucuresti 2007.
141. Epureanu A., Teodor V., Oancea N., Banu M., Marinescu V., *Method for On-Line Identification of Reconfigurable Machine-Tool Geometry Based on a Topological Neural Approach*, Journal of Manufacturing Science and Engineering(trimisa spre publicare) (indexata ISI).
142. Teodor V., Epureanu A., Cuzmin C., *Method for Identification of Geometric Feature Family Based on Genetic Algorithm and Neural Approach* Proceedeings of WSEAS EUROPEAN COMPUTING CONFERENCE, Athens, Greece, September 25-27, 2007 (indexata ISI).
143. Paunoiu V., Nicoara D., Epureanu A., Maier C., Banu M., *Flexible stamping technology based on multipoint reconfigurable die*, ICMS 2007, Buletinul Institutului Politehnic din Iași 2007.
144. Banu M., Takamura M., Hama T., Naidim O., Teodosiu C., Makinouchi A., *Simulation of Springback and Wrinkling in Stamping of a Dual-phase Steel Rail-Shaped Part*, Journal of Material Processing Technology, Volume 173, Issue 2, 10 April 2006, Pages 178-184, Elsevier Science, ISSN 0924-0136, (indexata ISI).

145. Breaz R.E., Bologa O., Racz G.S., Oleksik V., ***Motion control with fuzzy controllers - a study by means of simulation***, WSEAS Transaction on Systems, ISSN 1109-2777, (indexata ISI).
146. Breaz R.E., Oleksik V., Bologa O., ***Mechatronic Contouring System for Unconventional Sheet Metal Forming***, Proceedings of The 32nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society IECON'06, Paris, France, November 7-10, 2006, ISBN 1-4244-0136-4, ISSN 1553-572X, IEEE Catalog Number 06CH37763C, (indexata ISI).
147. Haddadi H., Bouvier S., Banu M., Maier C., Teodosiu C., ***Towards an accurate description of the anisotropic behaviour of sheet metals under large plastic deformations. L Modelling, numerical analysis and identification***, International Journal of Plasticity, Volume 22, Issue 12, December 2006, Pages 2226-2271, Elsevier Science, ISSN: 0749-6419, (indexata ISI).
148. Banu M., Epureanu A., Maier C., ***A new experimental scheme for a global evaluation of springback in advanced thin metal sheets forming***, Analele Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati, Fascicula V, Anul XIX (XXIV), 57, 2006, ISSN 1221-4566 , (indexata BDI).
149. Banu M., Epureanu A., Maier C., ***Application of Data Mining in Springback Estimation of the Hat-Bending Parts***, Analele Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati, Fascicula V, Anul XIX (XXIV), 57, 2006, ISSN 1221-4566, (indexata BDI).
150. Brabie G., Ene F., Chirita B., ***Analysis by simulation of the springback effects on the part dimensions in the case of drawparts made from metal sheets***, TSTM 12, Academia de Stiinte Tehnice, p. 26 -31, 2006.
151. Brabie G., Ene F., Chirita B., ***Blankholder force influence on the springback intensity in the case of hemispherical draw parts made from metal sheets***, TSTM 12, Academia de Stiinte Tehnice, p. 22-25, 2006.
152. Dima, M., Oancea, N., Teodor, V., ***Cutting Scheme Modeling at Generation by Rack-gear Tool. Algorithms***, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh.Asachi", Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructiilor de Masini, p.85-90,2006, ISSN 1582-6392.
153. Dima, M., Teodor, V., Oancea, N., ***Cutting Scheme-Reconfiguration Criteria of the Rack-Gear Tool Reconfigurability. Solutions for Rack Gear Tool***, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi", 2006, Iasi Tomul LII(LVI), Fasc. 5, A, Sectia Constructiilor de Masini, p. 97-104, ISSN 1582-6392.
154. Frumusanu, G., Oancea, N., ***The Influence of Poles Choice on the Approximating Precision of Wrapping Profiles Given by Poles***, Buletinul Institutului Politehnic din Iasi publicat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi", 2006, Iasi, Tomul LII(LVI) ,Fasc. 5, A, Sectia Constructiilor de Masini, p. 123-16, ISSN1582-6392.

THE INFLUENCE OF POLES CHOICE ON THE APPROXIMATING PRECISION OF WRAPPING PROFILES GIVEN BY POLES

Key words: profiles given by poles, poles choosing, precision.

13. **ABSTRACT:** REPRESENTATION OF PLAIN CURVES BY POLES IS ALREADY KNOWN AND USED. A SOLUTION TO APPROXIMATE, ON INDUSTRIAL STRICTLY ACCEPTABLE CONDITIONS, WRAPPING CURVES OF PROFILES ASSOCIATED TO ROLLING CENTRODS, WHEN REPRESENTATION BY POLES IS USED, WAS ALSO IMAGINED. THIS PAPER ANALYSES THE INFLUENCE OF POLES CHOOSING MANNER ONTO THE APPROXIMATION QUALITY, IN ORDER TO IMPROVE IT.

Representation by poles as a way to approximate wrapping curves of profiles associated to rolling centroads was treated in more generating cases, by using a rack-bar tool, a pinion or a rotating cutter [1]. We further consider the case of generating a straight-line profile by using a rack-bar tool, to exemplify the influence of poles choice onto the approximation precision.

3. Theoretical Considerations

In figure 1, the couple of rolling centroads, the reference systems and the elements profile whose wrapping curve should be approximated are presented:

- xyz means a fix reference system, having its z axis – axoid (centrod, C_1) symmetry axis – overlaid to worked piece symmetry axis;
- XYZ – mobile system, initially overlaid to the fix one, jointed to generated profile;
- $\xi\eta\zeta$ – mobile system, jointed to the tool centrod, C_2 .

Relative kinematics between upper mentioned reference systems (see also Fig. 1) can be expressed as it follows, [2]:

$$(1) \quad \xi = \omega_3^T(\varphi) \cdot X - a,$$

where

$$(2) \quad a = \begin{pmatrix} -R_{rp} \\ -R_{rp} \cdot \varphi \end{pmatrix}.$$

After making substitutions and calculus, (1) becomes

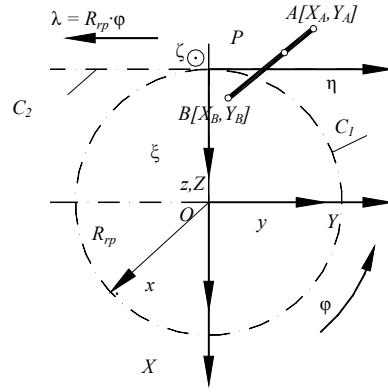


Fig. 1. Straight Line Segment Generated by a Rack-Bar Tool Case

$$(3) \quad \begin{pmatrix} \xi \\ \eta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -R_{tp} \\ -R_{tp} \cdot \varphi \end{pmatrix}.$$

In equation (3), P_X and P_Y mean the co-ordinates of current point P, placed on Σ profile, expressed by poles [1]:

$$(4) \quad \Sigma \begin{cases} P_X = \lambda \cdot X_A + \mu \cdot X_B; \\ P_Y = \lambda \cdot Y_A + \mu \cdot Y_B; \end{cases}$$

$$(5) \quad \lambda + \mu = 1,$$

or

$$(6) \quad \Sigma \begin{cases} P_X = \lambda \cdot X_A + (1 - \lambda)X_B; \\ P_Y = \lambda \cdot Y_A + (1 - \lambda)Y_B, \end{cases}$$

where X_A, X_B, Y_A, Y_B meaning the co-ordinates of AB segment bottom points.

Thus, the segments Σ family, generated into $\xi\eta$ system during the motion expressed by equation (3), can be described through equations like:

$$(7) \quad (\Sigma)_\varphi \begin{cases} \xi = P_X \cdot \cos \varphi - P_Y \cdot \sin \varphi + R_{tp}; \\ \eta = P_X \cdot \sin \varphi + P_Y \cdot \cos \varphi + R_{tp} \cdot \varphi, \end{cases}$$

if the form (6) is used to express Σ profile. The enveloping curve of profiles family, expressed by the poles of segment (6), can be obtained by associating to equations (7) the enveloping condition [1],

$$(8) \quad \frac{\xi'_\varphi}{\xi'_\lambda} = \frac{\eta'_\varphi}{\eta'_\lambda},$$

where λ and φ are the two variables defined during the considered generating process.

2. Approximating Solution

In principle, the rack-bar tool profile enveloping curve, $(\Sigma)_\varphi$, is an curve arc, given into $\xi\eta$ system by

$$(9) \quad S = \begin{pmatrix} \xi_1, \eta_1 \\ \xi_2, \eta_2 \\ \vdots \\ \xi_n, \eta_n \end{pmatrix},$$

matrix found by giving variation to λ and φ variables.

The purpose is to define the S profile by using a second degree function as:

$$(10) \quad S_{app} \begin{cases} P_X = (1-\mu_1)^2 \cdot A_\xi + 2\mu_1 \cdot (1-\mu_1) \cdot B_\xi + \mu_1^2 \cdot C_\xi; \\ P_Y = (1-\mu_1)^2 \cdot A_\eta + 2\mu_1 \cdot (1-\mu_1) \cdot B_\eta + \mu_1^2 \cdot C_\eta, \end{cases}$$

$\mu_1 \in [0,1]$, where $A_\xi, A_\eta, B_\xi, B_\eta, C_\xi$ and C_η are constants that should be found.

The coefficients of second degree function giving rack-bar tool profile - S_λ - can be found by imposing the condition that three points from its profile should be coincident with three points from the approximated profile, S_{app} . Thus, the equations system which allows the constants identification can be obtained [1]:

$$(11) \quad \text{when } \mu_1 = 0 \rightarrow \begin{cases} \xi_A = C_\xi; \\ \eta_A = C_\eta; \end{cases}$$

$$(12) \quad \text{when } \mu_1 = 1 \rightarrow \begin{cases} \xi_B = A_\xi; \\ \eta_B = A_\eta; \end{cases}$$

$$(14) \quad \text{when } \mu_1 = 0.5 \rightarrow \begin{cases} \xi_P = 0.25 \cdot A_\xi + 0.5 \cdot B_\xi + 0.25 \cdot C_\xi; \\ \eta_P = 0.25 \cdot A_\eta + 0.5 \cdot B_\eta + 0.25 \cdot C_\eta. \end{cases}$$

3. The Influence of Intermediary Pole Choice

Obviously, when μ_1 takes the values 0 and 1, the coincidence between extreme points of approximated profile and theoretical one is imposed; the question is if we can make a better choice for the third, intermediary point, where the coincidence between the two curves to be imposed, in order to reduce approximation errors. In other words, it is interesting if instead of taking $\mu_1 = 0.5$ in relation (13) a different, but close, value will lead to a better approximation.

By using a special dedicated soft to measure the distance between two curves given through file of points [2], the influence of μ_1 value considered in relation (13) on the approximation errors can be studied. The case of exterior 8x52x60 mm slots generating was analysed.

Maximum error between theoretical and approximating curves was calculated and error variation

Table 1. Maximum Approximating Errors

Crt. No.	μ_1	Max. Error [mm]
1	0.45	0.0219
2	0.46	0.0156
3	0.47	0.0090
4	0.48	0.0041
5	0.49	0.0130
6	0.50	0.0174
7	0.51	0.0237

curve along profiles was drawn when μ_1 took, successively, the values: 0.45, 0.46, 0.47, 0.48, 0.49, 0.50, and 0.51. The results are presented in Figure 2 and Table 1.

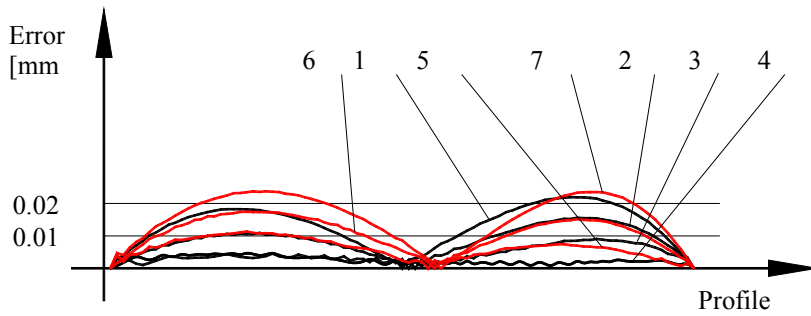


Fig. 2. Approximation Error along Profile Variation

4. Conclusions

As it can be observed, the correct choice of intermediary pole has a major influence on the approximation precision. There is always an optimum μ_1 value (in our case 0.48, instead of 0.5), which leads to a significant reduction of approximation errors (here from 0.0174 mm to 0.0049 mm).

Received April 20th 2006
Galați

“Dunărea de Jos” University of
Department of Machine Building

13.1 References

- 1 N. Oancea, G. Frumușanu - „Representation by Poles as a Way to Approximate Wrapping Curves of Profiles Associated to Rolling Centroids. I – Algorithms”, Lucrare acceptată spre publicare la Conferința internațională ICMaS 2006, București.
2. G. Frumușanu – „Algorithm and Soft to Evaluate the Errors between Profiles Given through Points”, Lucrare propusă spre publicare la Conferința internațională TMCR 2006, Iași.
155. Frumusanu,G., Oancea, N., Dura, G., ***Applications of Representation by Poles as a Way to Aproximate Wrapping Curves of Profiles Assooiated to Rolling Centroids***, Proceedings of the International Conferances on Manufacturing Systems ICMaS 2006, Editura Academiei Romane, p. 303-306, ISSN: 1842-3183, (indexata **BDI**).
156. Gîrjob C., Bologa O., Racz G., ***Determination Methods Of The Formability Of Metallic Material With Low Plasticity***, Proceedings of the 15th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS2006, Published by Editura Academiei Romane, University POLITEHNICA of Bucharest, Machine and Manufacturing Systems Department, Bucharest, Romania, 26 - 27 October, 2006 ISSN 1842-3183, (indexata **BDI**).
157. Marinescu V., Constantin I. C., Epureanu A., Teodor V., ***Graphical Programming of Programmable Logic Controllers. Case Study for a Punching Machine***, Publicată în revista Enformatika, vol. 15, ISBN 975-00803-4-3, pag. 273-277, (indexata **ISI**).

158. Oancea, N., Frumusanu, G., Dura, G., ***Algorithms for Representation by Poles as a Way to Approximate Wrapping Curves of Profiles Associated to Rolling Centroids***, Proceedings of the International Conferences on Manufacturing Systems ICMA S 2006, Editura Academiei Romane, p. 319-322, ISSN 1842-318, , (indexata **BDI**).
159. Paunoiu V., Epureanu A., Nicoara D., Ciocan O., ***A review of the sheet metal forming methods using reconfigurable dies***, Analele Universității “Dunărea de Jos” din Galați, 2006 .(indexata **BDI**).
160. Paunoiu V., Nicoara D., Maier C., Banu M., Epureanu A., ***Design an experimental reconfigurable die for sheet metal forming***, Analele Universității “Dunărea de Jos” din Galați, 2006 , (indexata **BDI**).
161. Epureanu, Al., Teodor, V., Dima, M., Oancea, N., ***A Reconfigured Rack-Tool for Generation of Gears***, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare (indexata **ISI**).
162. Cuzmin, C., Cuzmin, G., Epureanu, Al., ***Internal Gear Cutting Generation with Toroidal Hob***, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, transmisă spre evaluare (indexata **ISI**).
163. Oancea, N., Mihaluță, M., Teodor, V., ***A New Mathematical Model for the Gear Cutter Profile Used in the Generation of Interior Polyform Surfaces***, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Fasc. V, Year XXIV (XXIX), Technologies in Machine Building, ISSN 1221-4566, 2006, pag. 40-43 (indexata **BDI**).
164. Oancea, N., Teodor , V., Mihaluță, M., Pîrvu, G., ***The Modeling of Generation of Conical Polyform Surfaces***, The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Fasc. V, Year XXIII (XXVIII), Technologies in Machine Building, ISSN 1221-4566, 2005, pag.15-21(indexata **BDI**).
165. Valentin Tăbăcaru, Mihaela Banu, Salima Bouvier, ***Machinability analysis by Wire Cut Electroerosion of special hard metals***, Revista de Tehnologii Neconventionale, Nr. 2, Editura PRIM, Iași, 2007, pag. 113-120, ISSN 1454-3087 (indexata **BDI**).
166. Cucu, M., Teodor, V., Oancea, N., ***Software for Worm Cutter Profiling***, Proceedings of “The 5th International Conference on Advanced Manufacturing Technologies-ICAMT 2007, AGIR Publishing House, ISSN 1843-3162, pag. 325-328, București, 2007.
167. Oancea, N., Cucu, M., Teodor, V., ***Tangents Method for Graphical Representation of a Rotary Cutter Profile***, Proceedings of “The 2nd International Conference on Engineering Graphics and Design- ICEGED, 2007, “Dunarea de Jos” University, Galați 2007, Cermi, Iași, pag. 321-324, ISBN 978-973-667-252-1, (indexata **BDI**).
168. Dima, M., Oancea, N., ***Model for the Graphical Determination of the Roughness***, Proceedings of “The 2nd International Conference on Engineering Graphics and Design- ICEGED, 2007, “Dunarea de Jos” University, Galati, Cermi, Iași, pag. 253-254, ISBN 978-973-667-252-1, (indexata **BDI**).

169. Dima, M., **Modele pentru ameliorarea procesului de danturare**, Tehnologii Moderne Calitate Restructurare 2007, Universitatea Tehnică a Moldovei, vol. 2, Chişinău, pag. 98-101, ISBN 978-975-45-034-8, ISBN 978-9975-45-035-2, 2007.
170. Epureanu, A., Cucu, M., Teodor, V., **Metoda tangentelor pentru profilarea sculelor de tip cuţit-roată**, Tehnologii Moderne Calitate Restructurare 2007, Universitatea Tehnică a Moldovei, vol. 2, Chişinău, pag. 102-105, ISBN 978-975-45-034-8, ISBN 978-9975-45-035-2.
171. George BALAN, **The monitoring of a lathe using an artificial neural network – 4th part (experimental results, data processing)**, “The Annual Symposium of the Institute of Solid Mechanics SISOM 2006, Academia Romana, Bucuresti, May 2006”, publicata pe CD-ul Simpozionului.
172. Oancea, N., Mihăluţă, M., Teodor, V., **Approximation of the Gear Cutter Profile Used in the Generation of Interior Polyform Surfaces**, Analele Universităţii „Dunărea de Jos” din Galaţi, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566; (indexata BDI).
173. Oancea, N., Dura, G., Paunoiu, V., **Representation by Pole, a Form for Expression the Elementary Profiles Generated by Wrapping**, Proceedings of the 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGIES, ICAMat 2005, Editura Academiei Române, 2005, ISBN 973-27-1254-6, pag. 513-518.
174. Frumusanu, G., Cucu, M., Oancea, N., **Tangents Method to Profile Rack-Tools to generate by Wrapping**, The Annals of “Dunărea de Jos” University of Galati, Fasc. V, Year XXIV (XXIX), Technologies in Machine Building, ISSN 1221-4566, 2006, pag. 70-75, (indexata BDI).
175. Cucu, M., Oancea, N., Teodor, V., **Metoda tangentelor – profilarea sculei-cremalieră pentru profiluri circulare**, Tehnologii Moderne Calitate Restructurare 2007, Universitatea Tehnică a Moldovei, vol. 2, Chişinău, pag. 86-89, ISBN 978-975-45-034-8, ISBN 978-9975-45-035-2, 2007.
176. Breaz, R., Bologa, O., Oleksik, V., Racz, G., **Computer Simulation for the Study of CNC Feed Drives Dynamic Behavior and Accuracy**, The IEEE Region 8 EUROCON Conference, September 9-12, Warsaw, Poland, indexed IEEE Explore, indexed EI Compendex, indexed Library of Congress, (indexata ISI).
177. Breaz, R., Bologa, O., Racz, G., **Improving CNC Machine Tools Accuracy Using Modeling and Computer Simulation Techniques**, The 4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.
178. Racz, G., Bologa, O., Breaz, R.E., **Design and Optimization of the Press Structure**, The 4th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.
179. Oleksik, V., Bologa, O., Racz, G., Deac, C., **Roughnes Control of Parts Obtained through Incremental Sheet Forming**, The 4th IFAC Conference on Management and

Control of Production and Logistics MCPL 2007, Sibiu, ROMANIA, September 27- 30, 2007, ISBN 978-973-739-481-1.

180. Gavan E., Paunoiu V., Modiga M. - *Cylindrical Thick Plate Forming with Reconfigurable Die-Punch Tool.*, Conferința internațională de comunicări științifice Tehnologii moderne. Calitate. Restructurare, Vol. 1, Universitatea Tehnică a Moldovei, pag. 400-403, ISBN 9975-9875- 4-0, Chișinău, Republica Moldova, 2005,
181. Paunoiu, V., Nicoara, D., Spiridonescu, C., Epureanu, A. - *Virtual deep drawing process with combined restraint* , The 8th International ESAFORM Conference on Material Forming, Cluj-Napoca, Romania, April 27-29, 2005, pag. 333-336, (indexata **BDI**).
182. Paunoiu V., Nicoara D., Lopez Cantera A. M., Higuera Arroyo P. – *Experimental researches regarding the forming limit curves using a reduced scale samples*, Analele Universității Dunărea de Jos din Galați, fasc. V, 2005, pag. 55-59, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).
183. Paunoiu V., Nicoara D., Lopez Cantera A. M., Higuera Arroyo P. - *Numerical simulation of forming limit curves using a reduced scale samples*, Analele Universității Dunărea de Jos din Galați, fasc. V, 2005, pag. 60-65, ISSN 1221-4566, (indexata **BDI**).
184. Paunoiu, V., Maier, C., Epureanu, A., Banu, M. - *Virtual compensation of springback in sheet metal deformation with multipoint reconfigurable die*, Analele Universității Dunărea de Jos din Galați, Fascicole 5, Tehnologii in Constructia de Mașini, ISSN 1221-4566, 2007, (indexata **BDI**).
185. Banu M., Bouvier S., Paunoiu V., Epureanu A., Marinescu V., *A New Technique of Springback Prediction by Combining FEM Calculation and Artificial Neural Network.*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 85- 90, (indexata **BDI**).
186. Banu M., Naidim O, Paunoiu V, Maier C., Polanco S.M., Abia Nieto J.G., *QFD Application in an Automotive Case Study*, , Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 85- 90, (indexata **BDI**).
187. Cuzmin C., Cuzmin G., *Involute profile internal cylindrical teeth worm hob rolling generation*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 85- 90, (indexata **BDI**).
188. Dima M., *An Algorithm Applied to the Design of Centering and Fixing Devices.*, Analele Universității „Dunărea de Jos” din Galați, Fasc. V, 2006, ISSN 1221-4566, pag. 79- 85, (indexata **BDI**).

B. Citiri ale lucrarilor elaborate in cadrul proiectului (exclusiv autocitatile)

1. **"Study on the influence of work-hardening modeling in springback prediction",** M. Oliveira, J.L. Alvez, B.M. Chaparo, L.F. Menezes, International Journal of Plasticity, 23 (2007) 516-543, (available on-line **2006**), Elsevier Science, ISSN 0749-6419. (Jurnal ISI).
2. **"Modeling of induced flow anisotropy and its application to sheet metal forming",** Jian Wang, doctoral dissertation, Unversität Dortmund, Fakultät Maschinenbau, Dortmund **2006**, Germania. (indexata in baza de date ISI).

Scopus - 3 documents that cite: Simulation of springback and wrinkling in stamping of a dual phase steel rail-shaped part - Mozilla Firefox

http://www.scopus.com/scopus/results/citedbyresults.url?sort=plf-f8&cite=2-s2.0-33644646353&src=s&imp=t&sid=E_0-8K

3 Documents that cite:

Banu M., Takamura M., Hama T., Naidim O., Teodosiu C., Makinouchi A.
Simulation of springback and wrinkling in stamping of a dual phase steel rail-shaped part
 (2006) *Journal of Materials Processing Technology*, 173 (2), pp. 178-184.
[Abstract + Refs](#) [View at Publisher](#) [RSS](#)

Refine Results

Source Title	Author Name	Year	Document Type	Subject Area
<input type="checkbox"/> Journal of Materials Processing Technology (2)	<input type="checkbox"/> Amino, M. (1)	<input type="checkbox"/> 2007 (2)	<input type="checkbox"/> Article (1)	<input type="checkbox"/> Materials Science (2)
<input type="checkbox"/> Finite Elements in Analysis and Design (1)	<input type="checkbox"/> Asakawa, M. (1)	<input type="checkbox"/> 2006 (1)		<input type="checkbox"/> Computer Science (1)
	<input type="checkbox"/> Chen, F.K. (1)			<input type="checkbox"/> Engineering (1)

() Limit to X Exclude

Results: 3 Search within results Go

Output Citation tracker Add to list Select: All Page 1 to 3

Document (sort by relevance)	Author(s)	Date	Source Title	Cited By
1. <input type="checkbox"/> Analysis of draw-wall wrinkling in the stamping of a motorcycle oil tank Abstract + Refs View at Publisher Show Abstract	Chen, F.-K., Liao, Y.-C.	2007	<i>Journal of Materials Processing Technology</i> 192-193, pp. 200-203	0
2. <input type="checkbox"/> Finite-element simulation of the elliptical cup deep drawing process by sheet hydroforming Abstract + Refs View at Publisher Show Abstract	Hama, T., Hatakeyama, T., Asakawa, M., Amino, H., Makinouchi, A., Fujimoto, H., Takuda, H.	2007	<i>Finite Elements in Analysis and Design</i> 43 (3), pp. 234-246	0
3. <input type="checkbox"/> Formability of tube hydroforming under various loading paths Abstract + Refs View at Publisher Show Abstract	Hama, T., Ohkubo, T., Kurisu, K., Fujimoto, H., Takuda, H.	2006	<i>Journal of Materials Processing Technology</i> 177 (1-3), pp. 676-679	1

Done

Office Online Home Page - Microsoft Office ... Scopus - 8 documents that cite: Tow...

Scopus: 8 Web (1) Patents (0)

8 Documents that cite: [Search History](#)

[Haddadi H., Bouvier S., Banu M., Maier C., Teodosiu C.](#)
Towards an accurate description of the anisotropic behaviour of sheet metals under large plastic deformations: Modelling, numerical analysis and identification (2006) *International Journal of Plasticity*, 22 (12), pp. 2226-2271.
[Abstract + Refs](#) [View at Publisher](#) [RSS](#)

1.	<input type="checkbox"/>	Stress-strain responses for continuous orthogonal strain path changes with increasing sharpness	van Riel, M., van den Boogaard, A.H.	2007	<i>Scripta Materialia</i> 57 (5), pp. 381-384	0
		Abstract + Refs View at Publisher Show Abstract				
2.	<input type="checkbox"/>	Finite element prediction of sheet forming defects using elastic-plastic, damage and localization models	Haddag, B., Abed-Meraim, F., Balan, T.	2007	<i>AIP Conference Proceedings</i> 908, pp. 227-232	0
		Abstract + Refs View at Publisher Show Abstract				
3.	<input type="checkbox"/>	Kinematic hardening: Characterization, modeling and impact on springback prediction	Alves, J.L., Bouvier, S., Jomâa, M., Billardon, R., Oliveira, M.C., Menezes, L.F.	2007	<i>AIP Conference Proceedings</i> 908, pp. 691-698	0
		Abstract + Refs View at Publisher Show Abstract				
4.	<input type="checkbox"/>	On the determination of material parameters for internal variable thermoelastic-viscoplastic constitutive models	Andrade-Campos, A., Thuillier, S., Pilvin, P., Teixeira-Dias, F.	2007	<i>International Journal of Plasticity</i> 23 (8), pp. 1349-1379	0
		Abstract + Refs View at Publisher Show Abstract				
5.	<input type="checkbox"/>	Investigation of advanced strain-path dependent material models for sheet metal forming simulations	Haddag, B., Balan, T., Abed-Meraim, F.	2007	<i>International Journal of Plasticity</i> 23 (6), pp. 951-979	0
		Abstract + Refs View at Publisher Show Abstract				
6.	<input type="checkbox"/>	Strategy of material parameters identification for non linear mechanical behavior: Sensitivity of FE computation	Bouvier, S., Alves, L., Habraken, A.M.	2007	<i>AIP Conference Proceedings</i> 907, pp. 94-99	0
		Abstract + Refs Show Abstract				
7.	<input type="checkbox"/>	Model identification and FE simulations: Effect of different yield loci and hardening laws in sheet forming	Flores, P., Duchêne, L., Bouffieux, C., Lelotte, T., Henrard, C., Pernin, N., Van Bael, A., (...), Habraken, A.M.	2007	<i>International Journal of Plasticity</i> 23 (3), pp. 420-449	3
		Abstract + Refs View at Publisher Show Abstract				
8.	<input type="checkbox"/>	Study on the influence of work-hardening modeling in springback prediction	Oliveira, M.C., Alves, J.L., Chaparro, B.M., Menezes, L.F.	2007	<i>International Journal of Plasticity</i> 23 (3), pp. 516-543	0
		Abstract + Refs View at Publisher Show Abstract				

Academic Rezultatele 1 - 3 din 3 citând [HADDADI: Towards an accurate description of the anisotropic behaviour of](#)

[Enthalten in den Sammlungen: Lehrstuhl für Mechanik - grup din 4 »](#)

D zu dieser Ressource - [eldorado.uni-dortmund.de](#)
Diese Arbeit wurde an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in der Projektgruppe „V.3901 Komponentensicherheit in der Energietechnik“ in Zusammenarbeit mit der Fakultät Maschinenbau der Universität Dortmund ...
[Articole înrudite](#) - [Afișare ca HTML](#) - [Căutare Web](#)

[dc.contributor.advisor Svendsen, Bob de dc.contributor.author Wang, Jian](#)

DC Field - [eldorado.uni-dortmund.de](#)
Page 1. Modeling of induced flow anisotropy and its application to sheet metal forming
Von der Fakultät Maschinenbau der Universität Dortmund zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation von Jian Wang ...
[Articole înrudite](#) - [Afișare ca HTML](#) - [Căutare Web](#)

[Modeling of induced flow anisotropy and its application to sheet metal forming](#)

J Wang - eldorado.uni-dortmund.de

Page 1. Modeling of induced flow anisotropy and its application to sheet metal forming

Von der Fakultät Maschinenbau der Universität Dortmund zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Dissertation von Jian Wang ...

[Articole înrudite](#) - [Afișare ca HTML](#) - [Căutare Web](#)

Documents that cite:

[Search History](#) [Search History](#)

[Haddadi H.](#), [Bouvier S.](#), [Banu M.](#), [Maier C.](#), [Teodosiu C.](#)

Towards an accurate description of the anisotropic behaviour of sheet metals under large plastic deformations: Modelling, numerical analysis and identification

(2006) *International Journal of Plasticity*, 22 (12), pp. 2226-2271.

[Abstract + Refs](#) [View at Publisher](#) 

C. Distinctii ale lucrarilor elaborate in cadrul proiectului

1. **Locul I in Science Direct "Top 25 Hottest Articles"**, iulie-sept. 2006, *International Journal of Plasticity*, jurnal ISI cu lucrarea H.Haddadi, S. Bouvier, M. Banu, C. Maier and C. Teodosiu, Towards an accurate description of the anisotropic behaviour of sheet metals under large plastic deformationsL Modelling, numerical analysis and identification, *International Journal of Plasticity*, Volume 22, Issue 12, December 2006, Pages 2226-2271, Elsevier Science, ISSN: 0749-6419. (Jurnal ISI)
2. **Locul al IX-lea in Science Direct "Top 25 Hottest Articles"**, ian-mar. 2006, *Journal of Materials Processing Technology*, cu lucrarea Banu M., Takamura M., Hama T., Naidim O., Teodosiu C., Makinouchi A., Simulation of Springback and Wrinkling in Stamping of a Dual-phase Steel Rail-Shaped Part, *Journal of Material Processing Technology*, Volume 173, Issue 2, 10 April 2006, Pages 178-184, Elsevier Science, ISSN 0924-0136. (Jurnal ISI)

D. Elaborare monografii

1. Banu M, Frumusanu G., Stoian C., Ciocan O., ***Concepte moderne de fabricație. Îmbunătățirea continuă – Kaizen, Fabricație în flux (Lean manufacturing), Mentenanță productivă totală*** – Editura Cartea Universitară, București, ISBN 973-731-403-4, (102 pag.), 2006.
2. Paunoiu V., Tabacaru V., Maier C., Epureanu A., Marinescu V., Nicoara D. – ***Concepte moderne de fabricație. tehnologii pentru comprimarea timpului, proiectarea și realizarea rapidă de prototipuri***, Editura Cartea Universitară, București, 2006, ISBN 973-731-406-9, 146 pag.

3. Brabie G., *Optimizarea proceselor si echipamentelor de prelucrare mecanica*, Editura AGIR Bucuresti, (235 pagini), 2006.

Cuprins

1. Elemente generale privind procesele si echipamentele tehnologice ; prelucrare mecanica

1.1 Elemente generale privind tehnologia de prelucrare, fabricatia si echipamentele tehnologice de prelucrare

1.2 Particularitati specifice fluxurilor si proceselor de fabricatie prin prelucrari mecanice

1.2.1 Particularitati ale fluxurilor de fabricate

1.2.2 Particularitati specifice proceselor de prelucrare prin aschiere

1.2.3 Particularitati specifice proceselor de prelucrare prin deformare plastica la rece a tablelor metalice

1.2.1 Particularitati specifice functionary echipamentelor tehnologice

1.3 Evolutii, contextul actual si tending determinate de cerintele productiei m conceptia fabricatiei sau sistemelor de fabricatie

2 Probleme, metode si principii de optimizare specifice domeniului echipamentelor si proceselor de prelucrare mecanica

2.1 Obiective generale privind optimizarea proceselor si echipamentelor tehnologice

2.2 Continutul procesului de optimizare a proceselor si echipamentelor tehnologice

2.2.1 Etape si cerinje de baza ale procesului de optimizare

2.2.2 Structura procesului si a problemelor de optimizare

2.3 Metode de optimizare aplicate in cazul proceselor si echipamentelor tehnologice de prelucrare mecanica

2.3.1 Metode aplicate in cazul proceselor tehnologice

2.3.2 Metode aplicate in cazul proiectarii echipamentelor tehnologice

2.4 Principii, metode si solutii tehnice aplicate in faza de proiectare a produselor pentru realizarea unor procese tehnologice optime

2.4.1 Principiul caracterului constructiv-tehnologic

2.4.2 Principiul caracterului economic al solutiilor constructiv - tehnologice adoptate

2.4.3 Solutii tehnice pentru imbunatatirea caracteristicilor economice de fabricatie

2.4.4 Modele matematice aplicate pentru proiectarea optima a toleranjelor

4. Teodor V., Oancea N., Dima M., *Profilarea sculelor prin metode analitice*, Editura Fundatiei Universitare "Dunarea de Jos" – Galati, 2006, ISBN (10)973-627-333-4; ISBN (13) 978-973-627-333-9.

5. Epureanu A., Marinescu V., Oancea N., Banu M., Teodor V., Cuzmin C., Marin F.B., Constantin I., *Reconfigurable machining systems control*, Denbridge Press publishing house, SUA,(210 pagini), 2007, in curs de publicare.

Cuprins:

Cap1 Reconfigurable machining systems. Definitions. Structure. Core characteristics.

Cap2. Part surfaces generation

Cap.3 Modeling and identification of reconfigurable machining systems

Cap 4 Control of surface roughness and physical properties

Cap 5. Dimensional control

Cap.6 Stability control

Cap.7 Costs control

Cap.8 Reconfigurable machining systems programming

Cap.9 Optimal control algorithms

Cap.10 Adaptive-intelligent control algorithm

Rezumat:

Responsiveness to dynamic market changes in cost-effective manner is becoming a key success factor for any manufacturing systems in today's global economy. Reconfigurable manufacturing systems (RMS) have been introduced to react quickly and effectively to such competitive market demands through modular and scalable design of manufacturing systems on the system level as well as the machine components' level.

One of the grand challenges identified in the Visionary Manufacturing Challenges for 2020 Report (VMC 2020) is to "reconfigure manufacturing enterprises rapidly in response to changing needs and opportunities". Reconfigurable manufacturing systems are a new class of manufacturing systems aiming at combining the high throughput of dedicated manufacturing lines with the flexibility of flexible manufacturing systems. An RMS can simultaneously manufacture a large variety of product types in unpredictable quantities while maintaining mass production efficiency.

Reconfigurable manufacturing systems aim at:
reducing lead time for launching new systems and reconfiguring existing systems rapid modification and quick integration of new technologies and/or new functions into existing systems basic process modules (hardware and software) that would be rearranged quickly and reliable.

Open architecture control (reconfigurable software) and modular machines (reconfigurable hardware) are key enabling technologies for RMS.

For manufacturing system to be readily reconfigurable, the systems must possess certain key characteristics including: 1) modularity of component design; 2) convertibility to allow quick changeover between modules; 3) integrability into existing systems; 4) diagnosability to identify quickly the sources of quality and reliability problems; 5) customization to match designed system capability and flexibility to application and 6) scalability to incrementally change capacity rapidly and economically. The need and rationale for RMS are arises from unpredictable market changes that are occurring with increased pace during the recent years. This changes include:

- increasing frequency introduction of new products;
- changes in parts for existing products;
- large fluctuations in product demand and mix;
- changes in government regulations (safety and environment) and changes in process technology.

Reconfigurable machining systems are radically new, self-adaptive machine structures with online self-optimisation based on mechatronic concepts. The knowledge-based intelligent modules can feature multi-layer control, sensing and actuator structures with a high level of redundancy which guarantees a high level of reliability and allows optimal performance of a production system under different conditions.

In the book are presented tools and methods for an adaptive, mechatronic manufacturing system and components modelling, control, set-up and use, and applications of their usage in machines and production systems.

The book is expected to be useful for component manufacturers and OEMs (Original Equipment Manufacturers) for ensuring market take-up of the new technologies as well as experts from industry and academia interested on the book theme.

The book impact could be:

- i) developing of the new generation of machine tools helping instrument manufacturers and machine builders to stay ahead of the competition through;
- ii) reduction of time needed for reconfiguration and maintenance;
- iii) yielding a significant increase in productivity for small batch production and
- iv) a better process control allowing a considerable reduction in resources consumption (both energy and raw materials).

New generation of products helping European instrument manufacturers and machine builders to stay ahead of the competition. Reduction of time needed for reconfiguration and maintenance, yielding a significant increase in productivity for small batch production. Better process control allowing a considerable reduction in resources consumption (both energy and raw materials).

E. Inventii realizate in cadrul proiectului

Rezultatele obtinute in cadrul proiectului au fost protejate prin inregistrarea la nivel national (O.S.I.M.). Au fost elaborate 14 inventii (13 fiind inregistrate, unul aflandu-se in curs de inregistrare)

1. Cuzmin C., Epureanu A., Banu M., Teodor V., Marinescu V., Marin F. B., **Metoda si echipament de conducere dimensionala bazata pe monitorizarea campului termo-mecanic** - Dosar Nr. A 00255/12.04.2007.

Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și echipamentul corespunzător destinate conducerii dimensionale a unui sistem tehnologic de prelucrare mecanică, pe baza monitorizării câmpului termo-mecanic în timpul procesului de prelucrare. Modificările câmpului termo-mecanic în timpul prelucrării sunt corelate cu erorile de prelucrare apărute în lungul traiectoriei sculei. Această corelație este identificată pe baza datelor obținute din monitorizarea sistemului tehnologic în cursul prelucrării pieselor anterioare. Modelul obținut este folosit pentru prognoza erorii la piesa curentă. Eroarea prognozată este compensată folosind sistemul de conducere numerică. În acest fel eroarea de prelucrare depinde doar de precizia cu care s-a realizat prognoza.

Invenția se aplică la prelucrarea mecanică a unui lot de piese prin aşchiere pe sisteme de prelucrare cu comanda numerică.

2. Epureanu A., Marinescu V., Ghita E., Oancea N., Teodor V., Banu M., **Robot reconfigurabil de masurare** - Dosar Nr. A 00627/06.09.2007

Rezumat:

Prezenta inventie se refera la o noua constructie de robot destinat masurarii dimensiunilor obiectelor.

Se cunosc masinile de masurat in coordonate, fixe sau portabile, care presupun explorarea succesiva a suprafetei de masurat, folosind un palpator cu cap sferic, si calculul, pe baza rezultatelor obtinute prin explorare, a deviatiiilor de forma, dimensiune si pozitie relativa ale suprafetei. Atat masinile fixe cat si cele portabile sunt compuse dintr-un numar fix de elemente, cuplate prin intermediul unor elemente de conectare, care se pot roti sau transla unul fata de altul. In fiecare element de conectare exista un traductor, care masoara distanta sau unghiul dintre cele doua elemente conectate. La unul dintre capete se afla palpatorul, care exploreaza suprafata de masurat, iar celalalt capat este fixat pe acelasi suport ca si obiectul.

Numarul de elemente de cuplare trebuie sa fie destul de mare, pentru ca palpatorul sa poata explora suprafetele de interes, ale aceluia obiect aflat in campul de lucru al masinii care are cea mai complicata forma si cea mai mare dimensiune.

Prin intermediul calibrarii – proces care se desfasoara separat fata de procesul de masurare si care consta in explorarea unor obiecte de referinta – se estimeaza parametrii modelului matematic al masinii de masurat. Acest model permite calculul coordonatelor centrului sferic al palpatorului, functie de valorile distantelor si unghiurilor masurate de traductoare.

Pentru masurarea unei suprafete, operatorul trebuie mai intai sa stabileasca numarul de puncte care vor fi explorate pe respectiva suprafata si sa introduca in sistem, in mod explicit si independent, urmatoarele informatii: tipul suprafetei de masurat, (de exemplu cilindrica, plana, conica, etc.), caracterul acesteia (interioara sau exterioara) si caracteristicile geometrice ale palpatorului. Apoi, trebuie sa exploreze suprafata dupa un algoritm impus (de exemplu, in cazul unei suprafete cilindrice, primele trei puncte trebuie sa se afle pe un arc de cerc de cel putin 120 de grade, iar urmatoarele 3 puncte trebuie sa se afle pe un alt arc de cerc deasemenea de 120 de grade). Dupa ce operatorul a explorat numarul de puncte stabilit, trebuie sa dea comanda de evaluare a caracteristicilor geometrice ale suprafetei explorate (de exemplu diametrul suprafetei cilindrice sau deviatia acestuia in raport cu valoarea nominala).

Actualele constructii de masini portabile de masurat au urmatoarele dezavantaje:

- in majoritatea cazurilor de masurare, numarul de elemente ce compun structura respectivei masini de masurat este mult mai mare decat minimul necesar; in consecinta, eroarea de masurare este mai mare iar utilizarea de catre operator al masinii este mai dificila;
- calibrarea este sofisticata, imprecisa si cere mult timp;
- eroare de masurare este de aproximativ de 10 ori mai mare decat eroarea de repetabilitate, ceea ce inseamna ca nu se utilizeaza in intregime performantele de precizie ale traductoarelor din elementele de cuplare;
- pentru a pune in practica procedura de masurare a unei dimensiuni, operatorul trebuie sa intreprinda un numar mare de actiuni care face ca procesul de masurare sa fie complicat si sa necesite mult timp.

Problema tehnica pe care o rezolva inventia este realizarea unui robot de masurare, care, fiind mai bine adecvat formei si dimensiunilor obiectului de masurat. sa asigure un proces de masurare mai precis si cu mai putin efort din partea operatorului.

Prezenta inventie elimina dezavantajele de mai sus prin aceea ca:

a) pentru a corela configuratia robotului de masurare, cu forma si dimensiunile obiectului masurat, acesta are o structura variabila, care se obtine prin cuplarea dupa necesitati a mai multor elemente, astfel incat sa se obtina un sistem articulata, avand doua sau mai multe extremitati, in fiecare articulatie aflandu-se un traductor, care masoara unghiul de rotatie al respectivei articulatii, si la fiecare extremitate aflandu-se un element adecvat, pentru a asigura contactul cu obiectul sau cu suportul acestuia;

b) in timpul explorarii suprafetei de masurat, se recunosc automat elementele geometrice masurate, care pot fi de tip punct, linie dreapta, cerc, plan, sfera, cilindru, con, se determina automat caracterul acestora, de suprafata interioara sau exterioara, compensandu-se automat raza palpatorului folosit pentru explorarea suprafetei;

c) pentru a reduce erorile de masurare, procesul de calibrare al robotului este integrat cu procesul de masurare, ceea ce permite ca, periodic, in cursul masurarii unei anumite suprafete a piesei, sa se obtina, la comanda operatorului, atat modelul matematic al suprafetei explorate, cat si o forma actualizata a modelului matematic al robotului, forma care sa tina cont de evolutiile aparute in ceea ce priveste valorile parametrilor modelului matematic al robotului.

3. Cuzmin C., Epureanu A., Oancea N., Marinescu V., Banu M., **Strung universal reconfigurabil** - Dosar Nr. A 00577/13.08.2007

Rezumat:

Invenția se referă la construcția și cinematica unui nou tip de strung universal reconfigurabil ce rezolvă problemele legate de strunjirea atât a suprafețelor profilate longitudinal, cât și a suprafețelor profilate transversal. În plus, strungul propus este capabil să realizeze detalonarea unor freze-melc profilate longitudinal (de exemplu detalonarea unei freze-melc globoidale).

Strungul universal reconfigurabil are un grad ridicat de universalitate, care permite ca, folosind o unică mașină, să poată fi prelucrate toate tipurile de suprafețe cilindrice, conice sau elicoidale.

La prelucrarea suprafețelor profilate longitudinal, inclusiv arbori în trepte, sania portcuțit poate orienta scula în raport cu suprafața prelucrată astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor κ și κ_1 să poată fi controlate după necesitate (de exemplu să fie menținute constante).

La prelucrarea suprafețelor prelucrate transversal, sania portcuțit orientează scula în raport cu suprafața prelucrată, astfel încât valorile funcționale ale unghiurilor α și γ să poată fi controlate după necesitate.

La prelucrarea suprafețelor de așezare ale sculelor detalonate, cele patru mișcări oferite de modulele care compun strungul pot fi corelate folosind un interpolator reconfigurabil, astfel încât să se controleze direcția de detalonare (axial, radial, altă direcție), legea de detalonare (arhimedică, logaritmică, altă lege), profilul suprafeței pe care este dispusă elicea dinților sculei (de exemplu circular pentru o freză melc globoidală), profilul transversal al dinților sculei (de exemplu profilul evolventic al unei freze-melc globoidale), precum și înclinația canalelor dinților sculei (eventual forma elicoidală a acestora).

Din cauză că poziția sculei în raport cu normala la profilul piesei în punctul curent poate fi menținută mereu aceeași, punctul generator al profilului nu se schimbă în timpul generării și de aceea nu se impune ca, la reascuțirea cuțitului, profilul muchiei tăietoare al sculei să nu se modifice, evitându-se astfel apariția unor erori de generare cauzate de imperfecțiunea profilului rezultat după reascuțire.

F. Propuneri standarde internationale

1. Proposal for update - International Standard ISO/FDIS 1101/2000-Geometrical Product Specifications (GPS) – Geometrical Tolerancing – Tolerances of Form Orientation, Location and Runout.

G. Manifestari stiintifice

6. Workshop “*Intelligent manufacturing systems*”, Dr. C. Teodosiu, Universite Paris 13, Franta , 15-17 aprilie 2006.

7. Seminar roman-francez "*Modelling of materials behaviour used in automotive company*" Dr. Salima Bouvier, Dr. Monique Gasperini, Universite Paris 13, 20-23 mai 2006.
8. Workshop *Zilele "Dacia – Renault"* 8-10 noiembrie 2006.
9. Simpozion international "*New trends in intelligent manufacturing systems*" cu participarea prof. Mourad CHERIF si mcf. Yves Roussigne, LPMTM - Universite Paris13, Franta, 15-20 aprilie 2007.
10. Seminar roman-francez international " *O noua generatie de sisteme reconfigurabile pentru prelucrari mecanice* " cu participarea prof.dr.ing. Adinel GAVRUS - Insa de Rennes, Franta, 9-13 iulie 2007.

H. Editare publicatii

2. RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEMS.

Thematic serie of the Annals of „Dunarea de Jos” University. Editor: Alexandru Epureanu. Fascicula V, Anul XIX (XXIV), 57, 2007, ISSN 1221-4566, (indexata BDI).

ANALELE UNIVERSITĂȚII "DUNAREA DE JOS" DIN GALAȚI

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH

ANALELE UNIVERSITĂȚII "DUNAREA DE JOS"
DIN GALAȚI

Fascicula V

**TEHNOLOGII
ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI**

SISTEME TEHNOLOGICE RECONFIGURABILE
ANUL XXIV (XXX) 2007

- Serie tematică -
(1)

THE ANNALS OF "DUNAREA DE JOS" UNIVERSITY
OF GALAȚI

Fascicle V

**TECHNOLOGIES
IN MACHINE BUILDING**

RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEMS

- Thematic Serie -
(1)

YEAR XXIV (XXX) 2007

ISSN 1221 - 4566

IN 1948, THE DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING WAS CREATED IN THE FRAMEWORK OF THE POLYTECHNIC INSTITUTE OF GALAȚI UNDER THE LEADERSHIP OF PROF. DR. MIRCEA TRAIAN ȘANOLACHE.

POSTE ANI S-A DEZVOLAT CONTINUT DEVENIND ASTĂZI CATEDRA DE "TEHNOLOGIA CONSTRUCȚIEI DE MAȘINI" CU 19 MEMBRI ALI CĂROR PREOCUPĂRI ȘI REALIZĂRI REMARCATIBILE ACOPERĂ URMĂTOARELE DOMENII:

- TEHNOLOGII DE CONSTRUCȚIE DE MAȘINI;
- TEHNOLOGII ȘI UTILAJE PENTRU DEFORMARE PLASTICĂ LA RECE;
- ASCHIEREA ȘI CENERAREA SUPRAFEȚELOR;
- MAȘINI ȘI UTILAJE DE PIERDERE;
- TEHNOLOGII NONCONVENȚIONALE;
- MODELAREA NUMERICĂ A PROCESELOR DE PRELUCRARE;
- PRELUCRAREA MASELOR PLASTICE ȘI A PIESELOR SINTERIZATE;
- MECANISMII HIDRO-PNEUMATICI;
- CALITATEA PROCESELOR DE PRELUCRARE.

THE DEPARTMENT OF MACHINE MANUFACTURING WAS CREATED IN THE FRAMEWORK OF THE POLYTECHNIC INSTITUTE OF GALAȚI UNDER THE LEADERSHIP OF PROF. DR. MIRCEA TRAIAN ȘANOLACHE.

NOWADAYS A NUMBER OF ACADEMICS WIDELY RECOGNIZED FOR THEIR CONTRIBUTION TO THE FIELD OF MECHANICAL ENGINEERING CARRY OUT THEIR WORK IN THE DEPARTMENT OF MACHINE MANUFACTURING.

THE DEPARTMENT OF MACHINE MANUFACTURING ENCOURAGES A MULTIDISCIPLINARY APPROACH AND ENCOMPASSES A VARIETY OF EMERGING SCIENCES AND TECHNOLOGIES SUCH AS:

- MACHINE MANUFACTURING;
- TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR COLD PLASTIC DEFORMATION;
- METAL CUTTING AND SURFACE GENERATION;
- MACHINE AND MANUFACTURING EQUIPMENTS;
- MULTIDIMENSIONAL TECHNOLOGIES;
- NUMERICAL MODELING IN MANUFACTURING PROCESSES;
- PROCESSING OF PLASTIC MATERIALS AND SINTERED PARTS;
- HYDRAULIC AND PNEUMATIC POWER SYSTEMS;
- MANUFACTURING PROCESS QUALITY.

A MAJOR FOCUS OF THE DEPARTMENT IS TO PROVIDE QUALITY ENGINEERING EDUCATION TO MEET BOTH THE CURRENT AND THE EMERGING NEEDS OF THE SOCIETY.

THE ANNALS OF "DUNĂREA DE JOS" UNIVERSITY OF GALAȚI

Fascicle V, Year XXV (XXX)

2007

TECHNOLOGIES IN MACHINE BUILDING

CONTENTS

	Editor's Note	
1.	Egureanu A. - <i>Reconfigurable manufacturing systems – the next generation</i>	5
2.	Maier C, Kosmală N, Bara M, Egureanu A, Faureni V, <i>Design of the virtual model of re-drawing process</i>	11
3.	Maier C, Tabacaru V, Bara M, Bourier S., Marinescu V., <i>Designing of a modular set of inverse re-drawing dies aided by FEM simulation</i>	17
4.	Livandru I, Egureanu A, Frumusanu G, Craciun M.V., <i>Coherence of RbDS thermo-mechanical fields</i>	23
5.	Egureanu A., Marin F.B, Bara M, Maier C, Marinescu V., <i>Manufacturing embedded control systems – a new approach</i>	29
6.	Alamano A.M, Hank N, Egureanu A., <i>Adaptive-optimal control of reconfigurable machine tool</i>	35
7.	M. Bara, A. Egureanu, O. Naidim, <i>A new algorithm for springback prediction of the automotive body cars using artificial intelligence methods</i>	41
8.	Bara M, Florescu M, Egureanu A, Marinescu V., <i>An econometric model of the body cars manufacturing</i>	47
9.	Frumusanu G, Egureanu A., <i>Chaotic dynamics of cutting processes applied to RbDS Control</i>	53
10.	Faureni V, Maier C, Egureanu A, Bara M., <i>Virtual compensation of springback in sheet metal deformation with multipoint reconfigurable die</i>	59
11.	Maier C, Bara M, Faureni V, Egureanu A., <i>Sheet metal forming analysis with multipoint reconfigurable die using data mining technique</i>	65
12.	Stoian C, Frumusanu G., <i>RbDS design principle</i>	71
13.	Egureanu A., Teodor V., Cuzmin C., <i>Surface identification using "start solution" method</i>	77
14.	Egureanu A., Teodor V., Cuzmin C., <i>Identification of topological structures using genetic algorithm</i>	83
15.	Egureanu A., Teodor V., Cuzmin C., <i>Harmonic identification of machine tool geometry</i>	89
16.	Egureanu A., Petrus V., <i>About the geometric tolerancing standards</i>	95

I. Programe post-doctorale

1. Conducerea sistemelor tehnologice reconfigurabile
2. Echipamente tehnologice reconfigurabile pentru deformarea plastica a tablelor

J. Teze de doctorat

11. Mircea Dima, *Contributii la modelarea schemelor de aschiere la generarea suprafetelor asociate unor axoide in rulare cu aplicatii la sistemele reconfigurabile*, Teza de doctorat, finalizata.
12. Dumitru Ghecenco, *Sistem cibernetice multi-agent dedicat metaprocesului de prelucrare prin aschiere-piata*, Teza de doctorat, finalizata.
13. Ana Maria Alamano, *Cercetari privind controlul adaptiv optimal al procesului de aschiere cu aplicatii la sistemele reconfigurabile de prelucrare*, Teza de doctorat, finalizata.
14. Marin Florin Bogdan, *Modelarea holonica a cinematicii sistemelor de prelucrare reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de derulare
15. Valeriu Petrus, *Cercetari privind conducerea dimensionala a sistemelor tehnologice reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de finalizare.

16. Ionut Constantin, *Sistem adaptiv de conducere dimensionala cu aplicatii la masinile unelte reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de derulare.
17. Simona Luca, *Modelarea dinamicii haotice a procesului de aschiere cu aplicatii in controlul stabilitatii masinilor unelte reconfigurabile*, Teza de doctorat, in curs de derulare.
18. Viorel Vacarus, *Sisteme reconfigurabile de prelucrare cu viteze foarte mari, Teza de doctorat*, in curs de derulare.
19. Berbinchi Silviu, *Contributii la modelarea 3D a erorilor de generare a suprafetelor*, Teza de doctorat, in curs de derulare.
20. Horia Silvica, *Cercetari privind imbunatatirea performantelor sculelor aschietoare utilizata la prelucrarea pieselor din industria siderurgica*, Teza de doctorat, in curs de derulare.

K. Realizare prototipuri

4. Sistem mecano-hidraulic reconfigurabil de actionare a robotilor, Instalatie prototip.
5. Sistem de conducere dimensionala adaptiva a masinilor unelte reconfigurabile. Aplicatie pentru cazul unui strung frontal.
6. Sistem de conducere dimensionala predictiva a masinilor unelte reconfigurabile. Aplicatie pentru cazul unei masini de frezat.

L. Proiecte transmise la programe internationale

7. Proiectul european REHOLM, call identifier:FP7-NMP-2007-SMALL-1, intitulat *Development of robotic-smart machines for batch industrial production in open-ended and rapid changing real-market environments, with application in design of the next generation of machining systems*, Proposal No: CP-FP 213288-1, elaborat de Universitatea "Dunarea de Jos" Galati.
8. Proiectul european ARCM, call identifier FP7-NMP-2007-LARGE-1 intitulat *Advanced research concerning the characteristics of composite materials with metallic matrix*, Nr. FP7-212552-1, elaborat de Universitatea Tehnica "Gh. Asachi" Iasi.
9. Proiectul european INTELIDEF, call identifier:FP7-NMP-2007-SMALL-1, intitulat *Developing a new generation of metal forming systems characterized by intelligent control based on the online capturing of knowledge and its use in decision-making*, Proposal No: CP-FP 214578-1, elaborat de Universitatea "Dunarea de Jos" Galati si Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu.

10. Proiectul european ICFDSPP, call identifier: FP7-ERC-2007-StG, intitulat: ***Identification of chaotic and fractal dynamics of severe plastic deformation process aiming bulk materials nanostructuring***, Proposal No: 204078-1, elaborat de Gabriel Frumusanu, Universitatea "Dunarea de Jos" din Galati.
11. Proiectul european NANOMET, call identifier:FP7-ERC-2007-StG , , intitulat: ***Multiscale Modelling of the Deformation Mechanisms in Metal Forming***, Proposal No: 208365-1, elaborat de Mihaela Banu, Universitatea "Dunarea de Jos" Galati.
12. Proiectul european RECREMSOIL, call identifier: FP7-NMP-2007-LARGE-1, intitulat ***Combined technologies for recovery and remediation of polluted environment***, Proposal No: FP7-212568, elaborat de Universitatea din Bacau, Centrul de cercetare IMT si Universitatea din Dunquerque - Franta.

M. Parteneriate internationale nou create

3. Acord de parteneriat stabilit intre RIKEN Research Institute Tokio, Japonia, reprezentat de Dr. Akitake Makinouchi, Program Director, VCAD System Research Program, si Universitatea "Dunarea de Jos" din Galati, reprezentata de Prof. Dr. Ing. Nicoale Oancea, Directorul Centrului de Cercetari IT-CM, la data de 24 Mai 2007. Corespunzator acordului de parteneriat prima actiune va consta in desfasurarea unui doctorat in cotutela condus de Prof. Dr. Ing. Alexandru Epureanu si Prof.Dr. Akitake Makinouchi, doctorand cu frecventa Susac C. Florin, tema "Modelarea si conducerea sistemelor de turnare reconfigurabile", perioada de doctorat 2007-2010.
4. Acord de parteneriat stabilit intre LMPTM, Paris reprezentata de Brigitte Bacroix, si Universitatea "Dunarea de Jos" din Galati, reprezentata de Prof. Dr. Ing.Epureanu Alexandru, coordonator stiintific la Centrul de Cercetari IT-CM. Corespunzator acordului de parteneriat prima actiune va consta in desfasurarea unui doctorat in cotutela condus de Prof. Dr. Ing. Alexandru Epureanu si Brigitte Bacroix, doctorand cu frecventa Tofan V.Alice-Nicoleta, tema "Sisteme reconfigurabile de micromanufacturare prin deformare plastica", perioada de doctorat 2007-2010.

Agreement for International Joint Graduate School Program
between
RIKEN and UNIVERSITY OF GALATI "DUNAREA DE JOS"

RIKEN and UNIVERSITY OF GALATI "DUNAREA DE JOS"(hereinafter referred to as "UGAL") , being convinced that education and research collaboration between RIKEN and UGAL(hereinafter referred to as the "Parties") would both enrich the UGAL graduate course and effectively promote RIKEN research activities, hereby make the following Agreement (hereinafter referred to as the "Agreement").

Article 1: International Joint Graduate School Program

The Parties shall establish an International Joint Graduate School Program (hereinafter referred to as the "Program") to identify and foster talented young scientists capable of contributing to future research collaboration not only between RIKEN and UGAL, but also between Japan and Romania in the field of science and technology, as well as contributing to the advancement of science for the international society at large.

Article 2: Appointment of Visiting Professor/Associate Visiting Professor

2.1 UGAL, upon written recommendation of a candidate by RIKEN, shall appoint a RIKEN scientist as a UGAL Visiting Professor. If necessary, UGAL can appoint a RIKEN scientist as an Associate Visiting Professor.

2.2 The term of Visiting Professor and Associate Visiting Professor shall be for one year and renewable for the duration of the Agreement, unless either Party wishes to terminate the appointment earlier by written notice.

2.3 The Visiting Professor and Associate Visiting Professor may stay at UGAL relating to the Program during this Agreement.

2.4 The Visiting Professor and Associate Visiting Professor shall be subject to all UGAL Rules and Regulations for the duration of their stay at UGAL.

2.5 UGAL may invite the Visiting Professor or Associate Visiting Professor for a series of lectures or seminars to graduate students at UGAL during his/her visit to UGAL.

2.6 The Visiting Professor or Associate Visiting Professor shall be appointed as joint supervisor for the Program Student to the Ph.D program.

2.7 The application and selection procedure for the Ph.D program at UGAL shall be applicable in the selection of the Program Student. The Visiting Professor or Associate Visiting Professor shall participate in the selection process.

Article 3: Designated Academic Staff

3.1 UGAL shall appoint an academic staff of UGAL as a co-supervisor(s) (hereinafter referred to as the "Designated Academic Staff") to supervise the graduate student in his/her doctoral course who participates in this Program (hereinafter referred to as the "Program Student").

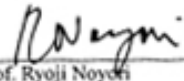
Each Party shall sign two copies of this Agreement, one of which shall be kept by RIKEN and the other one by UGAL.

For UGAL:

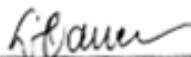
For RIKEN:



Viorel Minzu
Date: 28.05.2007


Prof. Ryoji Noyori
President
Date: May 17, 2007


WITNESSED BY:


Prof. Dr. Eng. Nicolae Oancea
Director of the Research Center


Dr. Akitake Makinouchi
Program Director,
VCAD System Research Program

Date: May, 24, 2007

Date: May 21, 2007


Prof. Dr. Eng. Alexandru Epureanu
Scientific Coordinator of
Manufacturing Science and
Engineering Research Center
Engineering Research Center

N. Produse software

3. Produs software **CONTINTEL** destinat conducerii adaptiv inteligente a sistemelor reconfigurabile de prelucrare
1. Produs software **CONTINTEL** destinat conducerii adaptiv inteligente a sistemelor reconfigurabile de prelucrare
2. Produs software NEUROREC
3. Produs software NEUROSPRING
4. Produs software SinCONPETRI
5. Software-uri in house pentru generarea cinematicii diferitelor procese de prelucrare

6. Sistem software reconfigurabil pentru comanda unui strung
7. Sistem software pentru comanda unei masini de prelucrare liniara
8. Sistem software de comanda a liniilor de prelucrare prin stantare
9. Sistem software de comanda a liniilor de prelucrare prin gaurire
10. Sistem de monitorizare si comanda pentru instalatii de zincare termica in vederea eficientizarii consumurilor energetice
11. Program INFA.LSP – soft destinat profilării sculelor reconfigurabile care generează prin aşchiere;
12. Program PSGR.HTML – soft destinat analizei sculelor tip cremalieră, cuţit roată şi cuţit rotativ.
13. SOL_PL.PAS - Produs soft dedicat modelării unor suprafeţe cu evoluţie continuă generabile cu un solid plan
14. SOL_CIL.PAS - Produs soft dedicat modelării unor suprafeţe cu evoluţie continuă generabile cu un solid cilindric

Sistem software pentru comanda unei masini de prelucrare liniara

Sistemul comanda al masinilor cu prelucrare liniara a fost implementat in cazul unei masini de gaurit si frezat in coordonate. A fost implementat un sistem de actionare a axelor de lucru avand ca element central un variator de viteza pentru comanda motorului ce actioneaza cutia de avansuri. Sistemul de actionare este controlat folosind o structura CLP modulara controlata de un terminal industrial

Cuprins

1	Utilizarea masinii	239
1.1	Descrierea elementelor prezente pe dulapul electric.....	239
1.2	Descrierea elementelor prezente pe dulapul E.C.N.	240
1.3	Panoul de comandă convenţională	242
1.4	Panoul de comandă mobil	243
2	Comanda maşinii.....	244
2.1	Pornirea maşinii	244
2.2	Oprirea maşinii.....	244
3	Prezentarea ecranelor de comandă afişate de terminalul CNC.	245
3.1	Terminalul grafic TXBT	245
3.2	Descrierea regimului manual.....	246
3.3	Descrierea regimului IMD	249
3.3.1	Introducerea valorilor registrelor de corecţiei a sculelor,.....	249
3.3.2	Introducerea programelor piesă,	250
3.3.3	Lansarea în execuţie a frazelor introduse a programului piesă.....	250
3.3.4	Oprirea execuţiei programului	251
3.3.5	Salvarea programului.....	251
3.3.6	Transferul programului piesă finalizat în fereastra corespunzătoare modului de lucru AUTOMAT.....	252
3.4	Descrierea ecranului listare	252
3.4.1	Modificarea informaţiilor legate de programul selectat	253
3.4.2	Ştergerea programelor piesă,	253
3.4.3	Filtrarea programelor afişate.....	254

3.4.4	Sortarea programelor piesă.....	254
3.5	Descrierea regimului automat	254
4	Prezentarea regimului „Convențional”	257
5	Mesajele de eroare.....	260
6	Programarea mașinii.....	267
6.1	Sistemul de coordonate al mașinii unelte	267
6.2	Sistemul de coordonate al piesei	268
6.3	Sistemul de coordonate sculă	270
7	Programarea	271
7.1	Adresele tehnologice G	271
7.1.1	Grupa 1	271
7.1.2	Grupa 2.....	271
7.1.3	Grupa 3.....	271
7.1.4	Grupa 4.....	271
7.1.5	Grupa 5.....	271
7.1.6	Grupa 6.....	271
7.1.7	Grupa 7.....	271
7.1.8	Grupa 8.....	271
7.1.9	Detaliere cicluri fixe	271
7.2	Adrese geometrice.....	276
7.3	Regiștri de corecție.....	276
7.4	Funcția de avans.....	276
7.5	Funcția de turație S	277
7.6	Funcții de sculă:	277
7.7	Funcții auxiliare M.....	277
7.7.1	Grupa numărul 1	277
7.7.2	Grupa numărul 2.....	277
7.7.3	Grupa numărul 3.....	277
7.8	Interpretarea corecțiilor de sculă	278
7.8.1	Corecții de lungime	278
7.8.2	Corecții de rază.....	279

UTILIZAREA MASINII

Descrierea elementelor prezente pe dulapul electric

Pe dulapul electric sunt prevăzute următoarele elemente.

- b1 –comutator prin care se alimentează dulapul CNC.
- b2- comutator pentru alimentarea circuitului corespunzător bobinei de minimă tensiune a întreruptorului general.
- a1-manetă de acționare a întreruptorului general.
- 1b4, 1b5, 1b6, 1b7- microlimitatoare prin care se sesizează funcționarea cu ușile dulapului deschise.

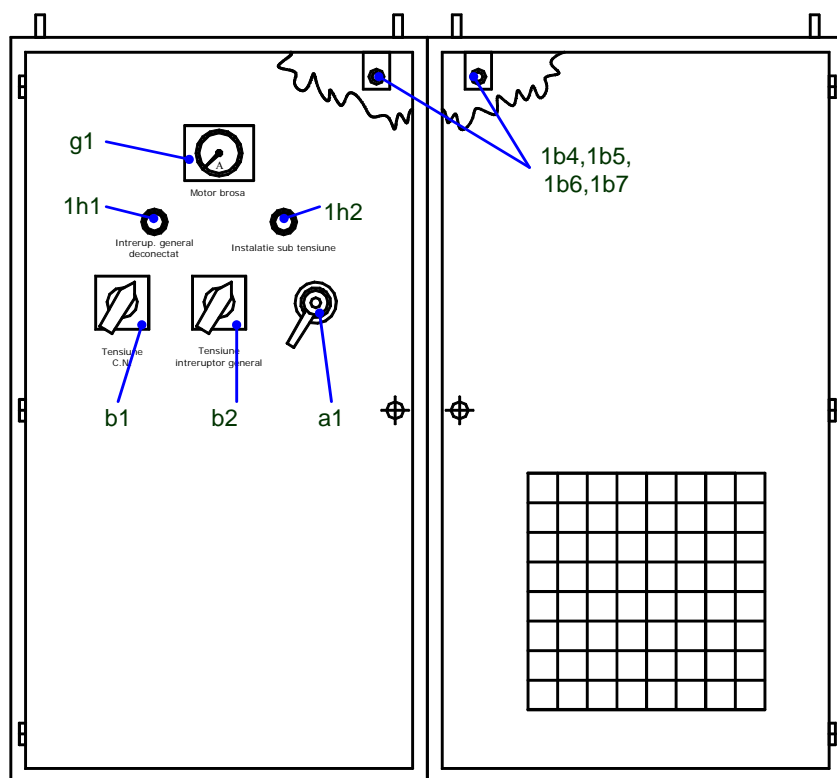


Fig. 1. Dulap electric

Descrierea elementelor prezente pe dulapul E.C.N.

Elementele prezente pe panoul CNC sunt :

- 1b9-buton tip „ciupercă” folosit pentru oprire de urgență. Deblocarea acestui buton se face prin rotirea în sensul indicat de săgețile prezente pe suprafața butonului.
- 9b4- buton de comanda care este folosit de operator pentru a preciza faptul că a luat cunoștință de erorile afișate de terminalul grafic al CNC-ului.
- 11b1- buton de comandă prin care se revine la punctul în care programul automat a fost întrerupt.
- TXBT- terminal grafic de comandă.

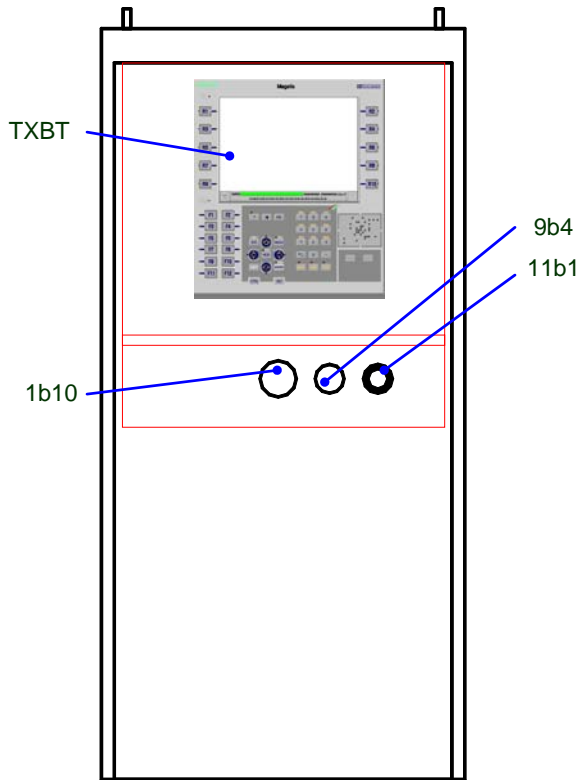


Fig. 2. Dulap E.C.N.

Panoul de comandă convențională

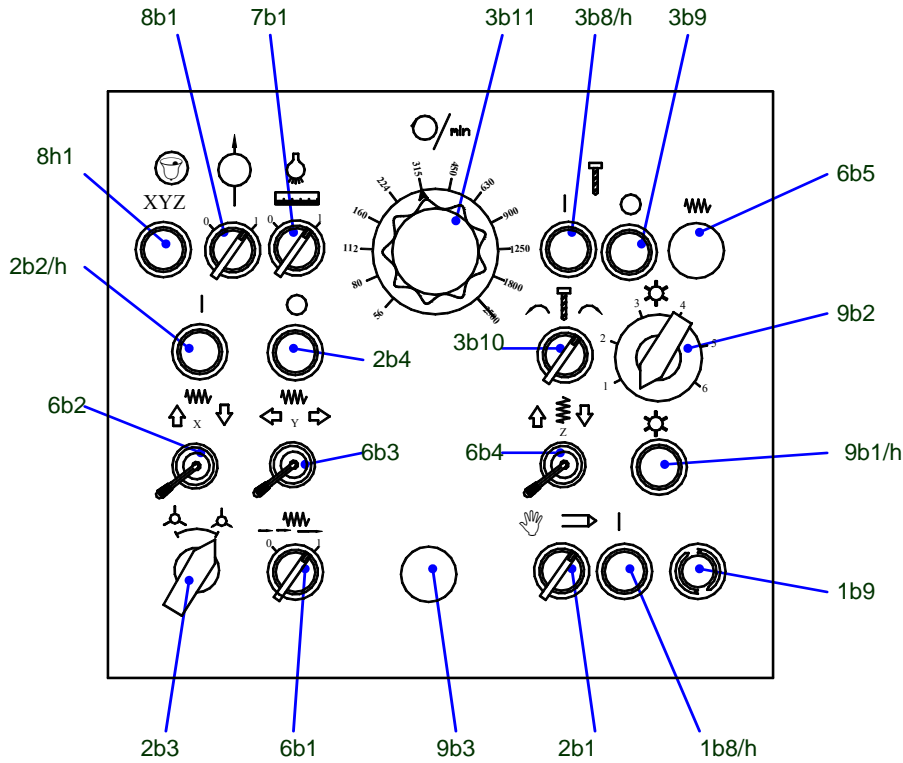


Fig. 3. Panoul de comandă convențională

Panoul de comandă folosit pentru modul de lucru convențional are în componența sa următoarele elemente:

- 1b8/h- buton de comandă cu lampă utilizat pentru pornirea mașinii. Acest buton trebuie apăsat după apariția unei avarii datorate apăsării unuia din butoanele de oprire de urgență.
- 1b9- buton tip „ciupercă” folosit pentru oprire de urgență. Deblocarea acestui buton se face prin rotirea în sensul indicat de săgețile prezente pe suprafața butonului.
- 2b2/h- buton de comandă cu lampă utilizat pentru pornirea centralei hidraulice. Lampa indică faptul că motorul centralei este pornit.
- 2b4- buton de comandă pentru oprirea centralei hidraulice.
- 2b3- comutator cu două poziții folosit pentru blocare și deblocare hidraulică a axelor.
- 2b1- comutator cu două poziții folosit pentru selectarea modului de lucru „convențional” sau a comenzii mașinii de la terminalul grafic.
- 3b8- buton de comandă folosit pentru schimbarea treptei de turație și pentru pornirea arborelui principal. Lampa se aprinde în momentul în care se nu există coincidență între treapta de turație impusă și treapta de turație selectată.
- 3b9- buton de oprire a arborelui principal.
- 3b10 comutator cu două poziții folosit pentru selectarea sensului de rotație al arborelui principal.
- 3b11 comutator cu came utilizat pentru selectarea treptei de turație. Comanda schimbării treptei de turație se face în momentul în care se apasă butonul 3b9.

- 6b1- comutator cu două poziții folosit pentru precizarea modului în care se realizează mișcările de avans: avans reținut sau avans intermitent.
- 6b2, 6b3, 6b4- manipuloare cu două poziții cu revenire la punctul 0. Sunt folosite pentru a comanda mișcarea pe axele X, Y și respectiv Z. Fiecare din aceste manipuloare are asociate câte două lămpi prin care se indică sensul de deplasare pe axa respectivă.
- 6b5- buton tip „ciupercă” cu revenire utilizat pentru oprirea mișcărilor de avans.
- 7b1- comutator prin care se comandă alimentarea cu tensiune a cititorilor optici.
- 8b1- comutator prin care se comandă pornirea instalației de răcire a uleiului aflată în componența centralei hidraulice.
- 8h1-lampă prin care se indică funcționarea instalației de ungere a ghidajelor.
- 9b1/h-buton de comandă cu lampă utilizat pentru inițierea ciclului de rotire a capului revolver. Lampa indică faptul că ciclul de schimbare a sculei este activ.
- 9b2- comutator șase poziții pentru selectarea postului de lucru a capului revolver.
- 9b3- buton de comanda care este folosit de operator pentru a preciza faptul că a luat cunoștință de erorile afișate de terminalul grafic al CNC-ului.

Panoul de comandă mobil

- este folosit în general pentru modul de lucru convențional are în componența sa următoarele elemente:

- 1b9-buton tip „ciupercă” folosit pentru oprire de urgență. Deblocarea acestui buton se face prin rotirea în sensul indicat de săgețile prezente pe suprafața butonului.
- 3b12 buton de oprire a arborelui principal.
- 6b2.1, 6b3.1, 6b4.1- comutatoare cu două poziții cu revenire la punctul 0. Sunt folosite pentru a comanda mișcarea pe axele X, Y și respectiv Z.

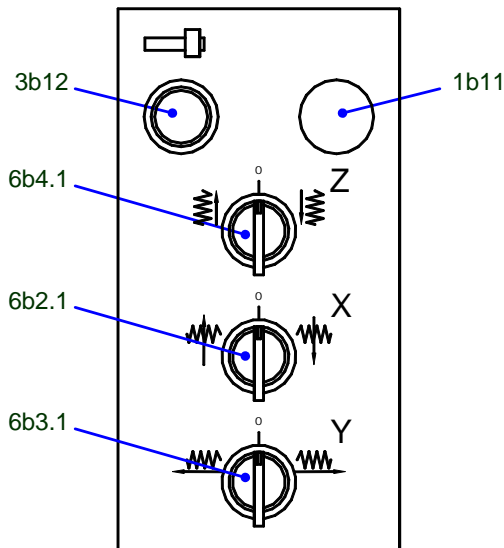


Fig. 4. Panoul mobil

COMANDA MAȘINII

Mașina funcționează în regim manual „convențional” sau automat.

Pentru a opera în regimul automat sau convențional trebuie alimentat dulapul ECN.

În regimul convențional comenzile de lucru se dau de la panoul de comandă al instalației electrice.

În regim automat al mașinii, comenzile de poziționare pe axele X, Y, Z, sunt asigurate de echipamentul de comandă numerică pe baza programului piesă sau pe baza comenzilor impuse de terminalul grafic.

Echipamentul de comandă numerică este constituit dintr-un dulap metalic, panou de comandă și afișare și traductori incrementali amplasați pe mașină (pe șuruburile conducătoare).

Alegerea axelor (X, Y, Z) se face prin comanda ambreiajului corespunzător.

Pentru alimentarea echipamentului de comandă numerică, s-a prevăzut un comutator (pe dulapul convențional), iar pe panoul de comandă s-a prevăzut un buton cu reținere pentru selectarea funcționării în regim „convențional” sau în regim automat.

Pentru manevrele de reglare se poate utiliza pupitrul pilot—manual racordat printr-o priză multifilară de mașină.

Pornirea mașinii

Pentru pornirea mașinii se vor efectua următoarele operații:

- se închid ușile dulapului
- se închide comutatorul b1 pe poziția “I”.
- se acționează asupra manetei comutatorului a1. Se aprinde lampa h1 (ușa dulap).
- se închide comutatorul b2 pe poziția “I”. Se observă pornirea terminalului grafic TXBT.
- se apasă butonul cu lampă (1b8/h) amplasat pe panou.
- se pornește agregatul hidraulic prin apăsarea butonului 2b2/h.
- după obținerea presiunii necesare în instalația hidraulică se aprinde lampa semnalizând funcționarea instalației hidraulice.

Oprirea mașinii

Operațiile necesare pentru oprirea mașinii sunt următoarele:

- se oprește orice comandă. Pentru acest lucru e recomandată apăsarea unuia din butoanele de avarie.
- se închide terminalul grafic prin apăsarea butonului „Închide”.
- în momentul în care pe ecranul terminalului a apărut mesajul „It’s now to turn off your computer” se poate realiza deconectarea instalației electrice se face prin manevrarea întreruptorului general a1.

PREZENTAREA ECRANELOR DE COMANDĂ AFIȘATE DE TERMINALUL CNC.

Terminalul grafic TXBT

Stațiile grafice din clasa “TXBT” sunt calculatoare de proces dotat cu toate facilitățile necesare monitorizării și supervizării proceselor tehnologice automatizate. Pentru introducerea datelor operatorul trebuie să fie familiarizat cu acest terminal. În figura 5 sunt prezentate elementele de comandă ale terminalului.

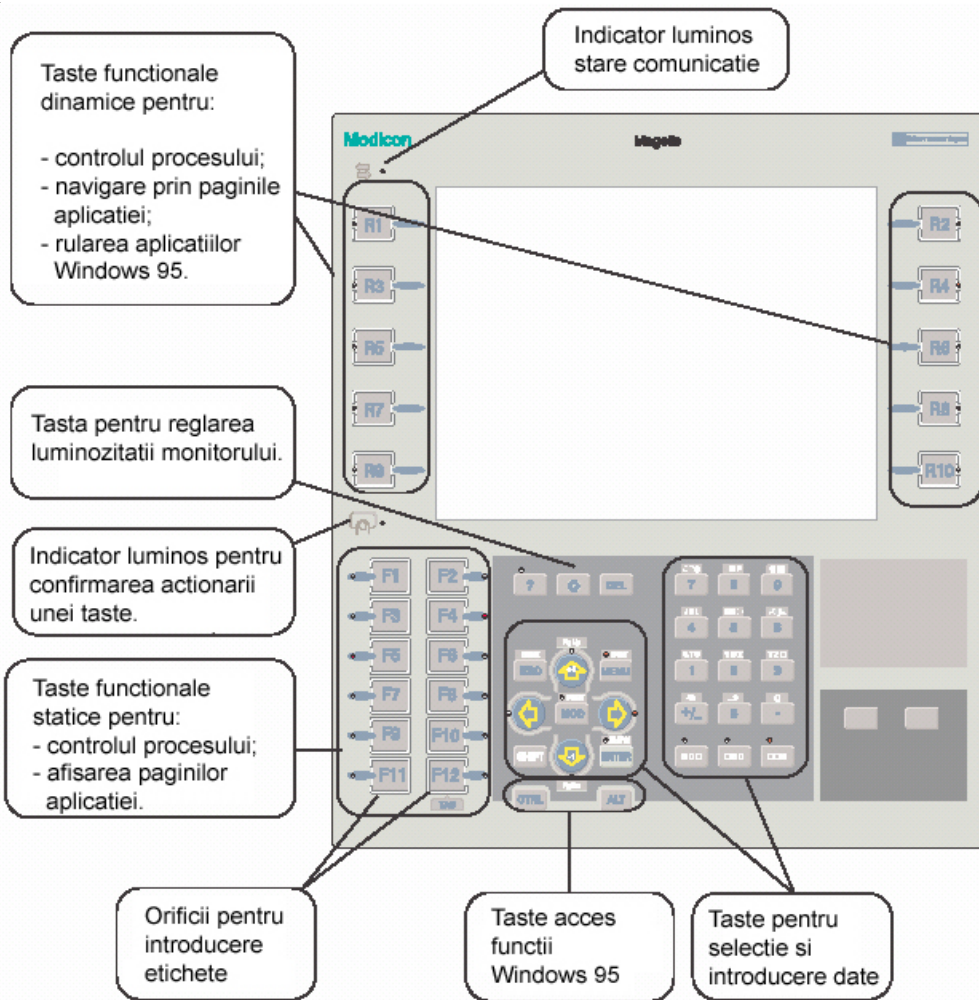


Fig. 5. Terminalul TXBT

În cazul în care comanda se face de la terminalul grafic este posibilă alegerea unui din următoarele regimuri: Manual, IMD sau Automat.

Partea inferioară a ecranului de comandă este aceeași indiferent de regimul de lucru selectat. Prin folosirea tastelor:

- F1-se selectează regimul manual,
- F3-se selectează regimul IMD,

- F5-se selectează regimul automat,
- F7- se afișează ecranul ANEXE,
- F9- se închide aplicația.

Următoarele taste pot fi folosite în orice ecran al aplicației:

- ESC – închide fereastra curentă;
- TAB – deplasează cursorul pe diferite câmpuri din cadrul unei ferestre;
- ENTER – pentru selectarea unui buton atunci când acesta este evidențiat;
- SĂGETILE – pentru deplasarea cursorului în direcția dorită, atât în cazul câmpurilor cât și în cazul listelor;

Descrierea regimului manual

De remarcat este faptul că prin selectarea unui mod de lucru se inactivează toate operațiile lansate în modul de lucru care a fost activ anterior. De asemenea dacă pe mașină nu sunt îndeplinite condițiile de operare în siguranță, mașina va semnala un mesaj de eroare, iar comenzile impuse nu vor mai fi executate decât după dispariția erorilor.

În figura 6 este prezentat ecranul de comandă corespunzător modului de lucru manual. Din acest ecran pot fi selectate una din următoarele comenzi: „ZERO MAȘINĂ”, „AVANS RAPID”, „AVANS DE LUCRU” sau „POZIȚIE NULL”.

ZERO MASINA	X+ 1	X Null	Y Null	Z Null
AVANS RAPID	X- 2	0	0	0
AVANS LUCRU	Y+ 3	X Real	Y Real	Z Real
PozitieNULL	Y- 4	0	0	0
	Z+ 5	ErroareX	ErroareY	ErroareZ
	Z- 6	0	0	0

Valoare Increment	-	0	[um]	+
Viteza Avans	-	Viteza de avans este 10.0% din 1250		+
0				

R.Manual	R. IMD	Listare	R.Auto	Anexe	Inchide
----------	--------	---------	--------	-------	---------

Fig. 6. Ecranul de comandă corespunzător modului de lucru manual

Comanda „ZERO MAȘINĂ” poate fi selectată prin apăsarea tastei F2. În cadrul comenzii „ZERO MAȘINĂ” se face sincronizarea sistemului de măsură a mașinii. Prin apăsarea unuia din următoarele butoane X-(tasta R2), Y-(R4) sau Z+(R5) se specifică axa pe care se face sincronizarea. În momentul în care o comandă de mișcare este lansată în execuție celelalte butoane prin care se pot comanda mișcări sunt dezactivate. Mișcarea de sincronizare poate fi întreruptă în orice moment prin apăsarea din nou a butonului care a inițiat comanda. După sincronizarea unei axe butonul corespunzător este dezactivat. După ce s-au sincronizat toate axele vom spune că mașina e calibrată și automat regimul „ZERO MAȘINĂ” este inactivat.

Realizarea operației de sincronizare este obligatorie înainte de a efectua operații în modurile de lucru AUTOMAT și IMD. În modurile de lucru MANUAL și CONVENȚIONAL se pot realiza deplasări fără a realiza determinarea originii mașinii.

Pentru ca prelucrările să se efectueze în condiții de siguranță recomandăm ca de fiecare dată când se pornește mașina să se realizeze sincronizarea sistemului de măsură al mașinii.

Pentru realizarea unor deplasări manuale mai întâi se selectează una din comenzile „AVANS RAPID” (tasta F4), „AVANS DE LUCRU” (tasta F6).

Prin selectarea comenzii „AVANS RAPID” viteza de avans va fi de 2500 mm/min, iar prin selectarea opțiunii „AVANS DE LUCRU” viteza de avans va fi de 125 mm/min. Dacă se dorește selectarea unei alte valori pentru viteza de avans se apasă butonul „VITEZA DE AVANS” prin intermediul tastei R8 este posibilă modificarea vitezei de avans prin accesarea butoanelor „+” sau „-”, prin apăsarea succesivă a tastei TAB urmată de apăsarea repetată a tastei „ENTER” în momentul în care se observă faptul că s-a selectat unul din butoane. În acest caz valoarea vitezei de avans este afișată pe bara grafică din figura 6.



Fig. 7. Modalitatea de afișare a vitezei de avans

În general se recomandă folosirea deplasărilor folosind comanda „AVANS RAPID” pentru faza de pregătire a piesei în vederea execuției unui program automat.

După ce s-a precizat viteza de avans se selectează una din comenzile X-(tasta R2), X+(R1), Y-(R4), Y+(R3), Z-(R6) sau Z+(R5). Prin selectarea comenzii se realizează deplasare pe axa solicitată. Pentru oprirea mișcării se mai apasă o dată butonul care a inițiat comanda. De fapt acest buton e singurul activ.

Dacă se dorește ca deplasarea să se realizeze cu un increment se poate apăsa butonul „VALOARE INCREMENT” și apoi se poate introduce valoarea incrementului exprimată în micrometri prin selectarea câmpului corespunzător comenzii prin apăsarea tastei „TAB” și folosirea tastelor numerice pentru introducerea cifrelor. De asemenea se poate accesa unul din butoanele „+” sau „-”, și apoi se va apăsa repetat tasta „ENTER” pentru a modifica valoarea incrementului cu o unitate.

Notă: Valoarea incrementului trebuie să fie mai mare de 100[μm]. Dacă prin introducerea valoarea incrementului este prea mare iar deplasarea ar conduce la depășirea curselor axelor mașinii comanda de mișcare inițiată prin apăsarea unuia din butoanele X-(tasta R2), X+(R1), Y-(R4), Y+(R3), Z-(R6) sau Z+(R5) nu se realizează iar operatorul va putea observa apariția unui mesaj de eroare ”EM-17. Mișcarea solicitata nu se poate realiza deoarece s-ar depăși limitele axei!”. Mesajul dispăre atunci când se lansează o comandă corectă.

Pentru stabilirea originii piesei se activează comanda „POZIȚIE NULL” prin apăsarea tastei F10. Pe ecranul terminalului va fi afișată fereastra prezentată în figura 7. Deplasarea de origine reprezintă cotele originii piesei în raport cu sistemul de coordonate al mașinii.

Exista doua posibilitati pentru specificarea pozitiei de NULL:

Memorarea pozitiei curente

Introducerea valorilor X,Y si Z

Valoare X	Valoare Y	Valoare Z
0 [um]	0 [um]	0 [um]

Salveaza Inhide

Fig. 8. Fereastra NULL

Există două posibilități de stabilire a originii piesă:

- Prin memorarea poziției curente a axelor,
- Prin introducerea manuală a acestor valori.

După selectarea opțiunii dorite și eventual introducerea valorilor necesare se va apăsa butonul „Salvează”.

Pentru revenirea la fereastra inițială se apasă butonul „Închide”.

Operatorul poate vizualiza cotele curente exprimate în sistemul de coordonate al mașinii, erorile de poziționare de pe fiecare axă precum și deplasările de origine prin intermediul elementelor prezentate în figura 8.

X Null	Y Null	Z Null
0	0	0
X Real	Y Real	Z Real
0	0	0
ErroareX	ErroareY	ErroareZ
0	0	0

Fig. 9. Afișare cote

În zona prezentată în figura sunt afișate eventualele mesaje de eroare. Operatorul trebuie să citească mesajele și să remedieze dacă e posibil cauzele care au dus la apariția erori.

EM63-Defect variator. Remediatii eroarea si apoi apasati butonul continuare.

Fig. 10. Zona de afișare a mesajelor de eroare

Descrierea regimului IMD

Nr.Reg	Valoare	Coment	X Prog	Y Prog	Z Prog
D2	10000	Lungime burghiu	0	0	0
D3	13000	raza freza cilindric	X Real	Y Real	Z Real
D4	30000	lungime bara de a	0	0	0
D5	40000	Lungime burghiu	ErroareX	ErroareY	ErroareZ
			0	0	0

Auto	Salvare
Stop Avans	Start Ciclu
Executie	Stop Executie

Cod Program	Mesaje eroare
N1 S3 T2 M6	
N2 M3 X100	
N3 Y100	
N4 Z800	
N5	

R.Manual	R. IMD	Listare	R.Auto	Anexe	Inchide
----------	--------	---------	--------	-------	---------

Fig. 11. Fereastra corespunzătoare regimului de lucru IMD

În regimul IMD (Introducere Manuală a Datelor) se pot realiza următoarele operații:

- Introducerea valorilor registrelor de corecției a sculelor,
- Introducerea programelor piesă,
- Lansarea în execuție a frazelor introduse a programului piesă ,
- Oprirea execuției programului,
- Salvarea programului,
- Transferul programului piesă finalizat în fereastra corespunzătoare modului de lucru AUTOMAT,

Introducerea valorilor registrelor de corecției a sculelor,

Pentru a introduce valorile registrelor de corecției a sculelor se apasă tasta F6 sau se apasă repetat tasta TAB pentru a selecta lista cu valorile registrelor de corecție. În figura 12 este prezentată lista în care sunt afișate valorile registrelor de corecție în momentul în care aceasta este selectată.

Nr.Reg	Valoare	Coment
D2	10000	Lungime burghiu
D3	13000	raza freza cilindric
D4	30000	lungime bara de a
D5	40000	Lungime burghiu

Fig. 12. Lista valorilor registrelor de corecție a sculelor

Prin folosind tastele săgeți se selectează registrul pentru care se dorește introducerea sau modificarea valorii și apoi se apasă tasta ENTER. Se introduce valoarea registrului apoi se confirmă apăsând din nou tasta ENTER. Folosind aceeași procedură se pot modifica și comentariile asociate fiecărui registru.

Introducerea programelor piesă,

Pentru a introduce un program se apasă tasta F4 sau se apasă repetat tasta TAB până în momentul în care zona de editare a programelor care este prezentată partea inferioară a figurii 13 va fi selectată.

Cod Program	Mesaje eroare
N2 M3 X100	
N3 Y100	
N4 Z800	
N5 G01 Y300 F130	
N5 G01 Y300 F130	

Fig. 13. Zona de introducere a frazelor

Folosind tastatura terminalului se introduce câte o frază apoi se confirmă apăsând tasta Enter. Fraza introdusă va fi afișată în lista de fraze care poate fi observată în partea superioară a figurii 13. Pentru a introduce o nouă frază se apasă tasta săgeată ↓. Programul va asocia automat liniei introduse un număr de etichetă N care este valoarea incrementată a ultimei fraze editate. Acest număr poate fi modificat.

Dacă fraza introdusă are același număr cu altă frază apare un mesaj prin care se specifică acest lucru.

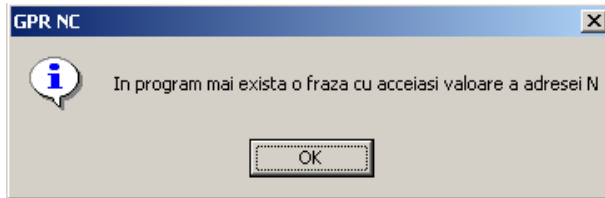


Fig. 14. Mesaj prin care se specifică faptul că numărul frazei este duplicat

Dacă se dorește ștergerea liniei selectate din cadrul liste se poate apăsa tasta R8. Pentru ștergerea programului se apasă tasta R10.

Lansarea în execuție a frazelor introduse a programului piesă

După introducerea programului sau a unor fraze operatorul poate acționa asupra butonului EXECUȚIE prin apăsarea tastei R7. Programul piesă este verificat frază cu frază din punct de vedere sintactic de către programul CNC și apoi trimis către mașină. Dacă programul conține erori sintactice, frazele incorecte vor fi evidențiate cu culoarea roșie. În partea dreaptă a fiecărei fraze incorecte se va putea observa apariția a câte unui mesaj prin care se va indica cauza erorii.

Cod Program	Mesaje eroare
N1 S3 T2 M6	
N2 Y100	_Nu se pot executa deplasari cu arborele principal oprit
N3 Z100 M3	
N4 G01 Y300	_Specificati valoare avansului
N42 Z200	

Fig. 15. Afișare erori sintactice

Dacă în urma verificării sintactice programul este corespunzător va fi trimis spre execuție frază cu frază către procesorul mașinii. Acesta verifică faptul că fraza poate fi executată și apoi o va executa. Dacă fraza nu poate fi executată deoarece mașina nu are această

capacitate se va afișa un mesaj de eroare pe linia corespunzătoare frazei. Tot în această zonă sunt afișate și erorile de mașină.

Pentru a afișa mesajul de eroare conținut pe o linie se apasă tasta R6. Pentru a derula lista frazelor la dreapta sau la stânga se apasă una din tasta R4 respectiv R2.

Fraza aflată în execuție este evidențiată cu culoare verde.

Cod Program	Mesaje eroare
N1 S1 T2 M6	0
N2 X95 M3	
N3 G01 X100 F50	
N4 X105	
N6 X95	

Fig. 16. Program lansat în execuție

De remarcat este faptul atunci când în execuție se află un program nu se mai pot se mai poate realiza editarea sau introducerea frazelor. Frazele executate nu mai pot fi editate.

În cadrul ecranului de comandă mai există și butonul START CICLU care este folosit pentru reluarea execuției atunci când este activă funcția M00. Acționarea acestui buton se face prin apăsarea tastei R5.

Pentru a întrerupe mișcarea de avans se apasă butonul STOP AVANS (tasta F2.). Automat textul acestui buton devine PORNIRE AVANS. Dacă se apasă butonul mișcarea de avans este reluată. Mișcarea de avans nu este întreruptă dacă se execută un ciclu fix de tarodare.

Operatorul poate afla informații despre poziția curentă a părții mobile urmărind zona prezentată în figura 17.

X Prog	Y Prog	Z Prog
0	0	0
X Real	Y Real	Z Real
0	0	0
ErroareX	ErroareY	ErroareZ
0	0	0

Fig. 17. Cota afișată

Oprirea execuției programului

Poate opri execuția unui program în orice moment apăsând butonul STOP EXECUTIE prin apăsarea tastei R9.

Salvarea programului

Programul piesă introdus poate fi salvat astfel:

- Se selectează butonul salvare prin apăsarea tastei R3,
- Se apasă tasta ENTER,
- Pe ecranul terminalului apare fereastra prezentată în figura 18.
- Se introduc informațiile referitoare la numele programului, materialul din care e realizată piesa și persoana care a realizat programul. Pentru selectarea câmpurilor de editare se apasă tasta TAB.
- Se apasă butonul „Salveaza”

The screenshot shows a dialog box with a blue title bar. The main text reads: "Completati sau modificati informatiile pentru memorarea programului piesa". Below this, there are four input fields arranged in a 2x2 grid. The top-left field is labeled "Numele Programului" and contains the text "Flansa 123". The top-right field is labeled "Materialul Semifabricatului" and contains "OLC45". The bottom-left field is labeled "Nume Autor" and contains "BANITA CONSTANTIN". The bottom-right field is labeled "Data Generare/Modificare" and contains "10 08 2004" with a small calendar icon to its right. At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Salveaza" on the left and "Inchide" on the right.

Fig. 18. Fereastra salvare program

Transferul programului piesă finalizat în fereastra corespunzătoare modului de lucru AUTOMAT

Pentru a transfera programul în fereastra corespunzătoare modului de lucru automat se apasă tasta R1.

Descrierea ecranului listare

Ecranul listare prezentat în figura fig este folosit pentru a vizualiza toate programele piesă salvate. Pentru fiecare program piesă sunt afișate informațiile referitoare la numele programului, persoana care a realizat programul, materialul din care e realizată piesa, data generării și data modificării programului piesă. În partea inferioară a ecranului sunt afișate mai multe butoane care pot fi folosite pentru:

- Realizarea import-ului de programe piesă
- Modificarea informațiilor legate de programul selectat
- Ștergerea programelor piesă,
- Filtrarea programelor afișate,
- Sortarea programelor piesă

Afişare baza de date				
Nume	Autor	Material	Data generare	Data modificare ^
Flansa	Banita_Constantin	olc45	10/08/2004	10/08/2004
Corp_1	Ghita_Eugen	olc45	10/08/2004	10/08/2004
Carcasa_reductor	Tabacaru_Valentin	OL37	10/08/2004	10/08/2004
Suport_masa	Marinescu_Vasile	OL56	10/08/2004	10/08/2004
► Suport_sicle	Ciobotaru_Costel	OL56	10/08/2004	10/08/2004
Corp_124	Nicoara_Dumitru	OL56	10/08/2004	10/08/2004
Suport_vertical	Radu_Marian	OL56	10/08/2004	10/08/2004
test_scula	Teodor_Virgil	OL56	10/08/2004	10/08/2004
Cosmetic	Parvu_Gabriela	BZ24	10/08/2004	10/08/2004
Roata	Cuzmin_Ciprian	RUL1	10/08/2004	10/08/2004
Flasa	Toader_Toporau	RUL1	10/08/2004	10/08/2004
capac	Constantin_Emil	RUL1	10/08/2004	10/08/2004
Robot	Mistodie_Luigi	Plastic	10/08/2004	10/08/2004
Robot1	Mistodie_Luigi	Plastic	10/08/2004	10/08/2004

Importa	Modifica	Sterge	Filtrare	Sortare
R.Manual	R. IMD	Listare	R.Auto	Anexe
				Inchide

Fig. 19. Ecranul listare

Modificarea informațiilor legate de programul selectat

Prin apăsarea butonului „Modifică” prin apăsarea tastei R3 și apăsarea tastei ENTER se va afișa fereastra prezentată în figura 20. Prin folosirea tastelor TAB și ENTER operatorul poate deschide programul în modul de lucru AUTOMAT sau poate modifica informațiile caracteristice programului. Pentru confirmarea alegerii făcute se apasă butonul BINE.

Deschide programul in regim auto		
Modifica parametrii de identificare		
Nume program	Autor	Material
D124		
Bine	Inchide	

Fig. 20. Ecranul "Modifică"

Ștergerea programelor piesă,

Pentru a șterge un program piesă, acesta trebuie selectat din lista de programe, folosind tastele săgeți. După selectarea programului se va acționa asupra butonului STERGE prin apăsarea tastei R5.

Filtrarea programelor afișate

Dacă se dorește afișarea doar a programelor piesă care corespund unui criteriu legat de numele programului, persoana care a realizat programul, materialul din care e realizată piesa, data generării sau data modificării programului se poate acționa butonul FILTRARE prin apăsarea tastei R7 urmată de apăsarea tastei ENTER. Pe ecranul terminalului va fi afișată fereastra prezentată în figura 21. Folosind tastele TAB și ENTER operatorul poate selecta unul din butoanele „Nume Program”, „Autor”, „Material” sau „Data generare”. În momentul în care un asemenea buton este activat el este reprezentat folosind o culoare mai deschisă. După activarea butoanelor se vor introduce elementele legate de criteriile de filtrare în câmpurile de editare. Pentru realizarea filtrării se apasă butonul „Filtrează”. Dacă se dorește ca lista afișată în urma filtrării să conțină toate programele piesă atunci în câmpurile de editare se va introduce caracterul „*“.

Fig. 21. Fereastra filtrare

Sortarea programelor piesă

Pentru a sorta programele piesă afișate în listă se acționează asupra butonului „Sortează” prin apăsarea tastei R9 urmată de apăsarea tastei ENTER. În fereastra prezentată în figura se va introduce criteriul de sortare prin folosirea tastei TAB și apoi a tastei SPACE. După introducerea câmpului după care se face sortarea se apasă butonul „Sortare”. Dacă se dorește renunțarea la operația de sortare se apasă butonul „Închide”

Fig. 22. Fereastra sortare

Descrierea regimului automat

În acest regim echipamentul citește și execută succesiv frazele conținute de programul selectat din baza de date.

Pentru a întrerupe mișcarea de avans se poate apăsa butonul STOP AVANS (tasta R7.). Automat textul acestui buton devine PORNIRE AVANS. Dacă se mai apasă butonul o dată mișcarea de avans este reluată. Mișcarea de avans nu este întreruptă dacă se execută un ciclu fix de tarodare.

Se poate renunța la execuția unui program automat prin apăsarea tastei R8, activând astfel butonul „Stop Execuție”.

Dacă se dorește editarea programului piesă se poate apăsa tasta R2, astfel frazele programului vor fi afișate în cadrul ecranului IMD.

PREZENTAREA REGIMULUI „CONVENȚIONAL”

Pe ușa dulapului cu aparate se găsesc următoarele elemente de inițiere, care permit punerea sub tensiune a instalației electrice:

- Comutatorul 1b1 (cu două poziții) care permite alimentarea echipamentului NC independent de alimentarea echipamentului convențional.
- Comutatorul 1b2 (cu două poziții) care permite alimentarea bobinei de tensiune minimă a întreruptorului general a₁;
- Maneta întreruptorului general a₁;

Operațiile și comenzile care se fac atât la efectuarea probelor funcționale ale mașinii, cât și cu ocazia lucrului efectiv cu mașina, sunt indicate în continuare.

În caz de avarie mașina poate fi oprită prin apăsarea unuia dintre butoanele ciupercă 1b9, 1b10 de pe pupitrul central respectiv mobil prin manevrarea întreruptorului general în poziția “0” sau a comutatorului 1b2 pe poziția “0”.

Operații de verificare funcțională.

Se închid ușile dulapului (microîntrerupători 1b4...1b7 acționați).

Se manevrează comutatorul 1b2 pe poziția “I” se aprinde lampa 1h1 de pe ușa dulapului convențional.

Se manevrează maneta întreruptorului general 1a1 în poziția “I”. Se stinge lampa 1h1 și se aprinde lampa 1h2 semnalizând prezența tensiunii în echipamentul convențional.

În cazul funcționării dulapului cu ușile deschise pentru diferite probe și reglaje se acționează butonul cu lampă 1b3/h (dulap cu aparate).

Se apasă butonul cu lampa 2b2/h amplasat pe pupitrul central.

După pornirea electropompei m6 se aprinde lampa, semnalizând funcționarea instalației hidraulice.

Se apasă butonul cu lampa amplasat pe pupitrul central 1b8/h. Dacă instalația funcționează, se aprinde lampa, semnalizând punerea sub tensiune a circuitelor de comandă.

Se comandă funcționarea cutiei de viteze.

Se alege cu comutatorul 3b11 (pupitrul central) treapta de turație necesară, iar cu b10 sensul de rotație dorit.

Dacă lampa butonului 3b8/h este stinsă se poate comanda cu butonul 3b8/h pornirea motorului axului principal (m7) având grijă ca în prealabil să fie ales cu selectorul 3b10 (pupitrul central) sensul de rotație dorit.

Dacă poziția baladoarelor nu corespunde cu treapta selectată, se aprinde lampa butonului 3b8/h, semnalizând necesitatea comenzii schimbării turației.

Schimbarea turației se face automat. Prin apăsarea pe butonul 3b8/h se comandă baladoarele corespunzătoare treptei alese. Dacă baladoarele se vor deplasa corect, poziția lor se va sesiza de microîntreruptoarele b1...b7 (mașină) și la coincidența între treapta aleasă cu 3b11 și cea realizată cu baladoarele (b1...b7), se stinge lampa și printr-o nouă apăsare a butonului se pornește motorul axului principal 1 (m7) în sensul de rotație ales cu selectorul 3b10.

Dacă roțile dințate din cutia de viteze nu s-au cuplat într-un interval de timp ales ceea ce este semnalizat cu lampa butonului 3b8/h, se comanda automat rotirea succesivă la dreapta și la stânga a axului principal până la realizarea cuplării, după care se stinge lampa butonului 3b8/h și pornește motorul axului principal în sensul de rotație ales cu selectorul 3b10.

Se verifică oprirea motorului axului principal apăsând pe butonul 3b9 pupitrul central sau 3b12 de pe pupitrul mobil. Prin apăsarea pe unul din aceste butoane motorul se va deconecta, iar axul principal se va frâna un timp limitat.

Se verifică funcționarea cutiei de avans.

Se pornește motorul cutiei de viteze m7.

Se pune selectorul 6b1(pupitru central) pe funcționarea intermitentă, iar comutatorul 2b3 pe poziția blocat.

Pe ecranul terminalului de comandă apare fereastra prezentată în figura , prin intermediul căreia operatorul poate selecta valoarea avansului prin apăsarea tastelor TAB și ENTER.

Important:

Pentru a lucra în condiții de maximă siguranță este recomandată efectuarea operației de sincronizare sistemului de măsură al mașinii prin selectarea regimului de comandă manuală cu terminalul și apoi alegerea subregimului ZERO.

Se manevrează unul dintre cele trei butoane manipuloare 6b2, 6b3, 6b4 (pupitru central) sau 6b2,1, 6b3,1, 6b4,1 (pupitru mobil) în direcția dorită și se menține manual această poziție. Mașina se va deplasa în direcția indicată cu avansul fixat. Prin lăsarea liberă a manipulatorului mișcarea de avans încetează. Se poate repeta procedura pentru fiecare direcție de deplasare.

Pentru realizarea mișcărilor cu avans reținut se va acționa asupra comutatorului 6b1 și apoi dacă se inițiază o mișcare aceasta va continua cu toate că manipulatorul prin care s-a realizat comanda este eliberat.

Dacă se folosesc selectoarele 6b2.1, 6b3.1 sau 6b4.1 (aflate pe pupitrul mobil) mișcarea de avans nu se va realiza cu menținere indiferent de poziția comutatorului 6b1. La realizarea unei mișcări de avans se vor aprinde următoarele lămpi:

- 7h1 deplasare pe axa X în sens negativ,
- 7h2 deplasare pe axa X în sens pozitiv,
- 7h3 deplasare pe axa X în sens negativ,
- 7h4 deplasare pe axa X în sens pozitiv,
- 7h5 deplasare pe axa X în sens negativ,
- 7h6 deplasare pe axa X în sens pozitiv.

La începutul lucrului este recomandată verificarea faptului că limitatorii de capăt de cursă funcționează. Pentru aceasta se apasă manual pe microîntrerupătoarele corespunzătoare mișcării efectuate. Dacă se menține apăsarea pe microîntrerupător singura mișcare posibilă va fi aceea prin care se va elibera limitatorul.

De asemenea este recomandată verificarea interblocarea comenzilor axelor. Se comandă deplasarea unei axe și se va observa faptul că celelalte axe nu pot fi deplasate.

Cotele curente pot fi citite folosind cititorii optici care trebuie alimentați prin manevrarea selectorului 7b1 pe poziția 1.

Pentru rotirea capului revolver este necesar ca anterior să se realizeze operația de sincronizare sistemului de măsură al mașinii.

Se alege numărul postului de lucru care va fi selectat folosind comutatorul 9b2 apoi se va apăsa pe butonul 9b2/h. Dacă mișcările de avans pe axele X, Y și Z sunt oprite se va comanda oprirea arborelui principal și ridicarea păpușei până la o cotă de siguranță (Z=860mm). În momentul în care ciclul de lucru al capului revolver este activ se va aprinde lampa butonului 9b1/h.

Dacă postul de lucru care a fost ales nu este selectat nu se va comanda decuplarea pinionului și apoi dezindexarea și rotirea capului revolver. Capul revolver se va roti cu viteză mare până la detectarea coincidenței dintre postul de lucru selectat și poziția furnizată de limitatoarele b52, b53, b54. Sistemul de comandă verifică continuu corectitudinea informațiilor primite de la aceste limitatoare. Dacă aceste informații nu sunt corecte (poate lipsi o camă de exemplu) ciclul capului revolver va fi încheiat și pe ecranul terminalului va fi afișat un mesaj de eroare.

La coincidența dintre postul ales și cel sesizat de microlimitatoare viteza de rotație a capului revolver se va reduce. În momentul aducerii capului revolver în postul de lucru sesizat cu micro întrerupătorul b55 se decuplează motorul de avans, se frânează capul revolver, și se comandă blocarea și indexarea lui.

După sesizarea indexării capului revolver (b51) se comandă cuplarea pinionului. Dacă pinionul nu este cuplat într-un anumit interval de timp se reia mișcarea de rotație a capului revolver. Numărul maxim de încercări efectuate pentru indexare sau cuplare este de trei. Dacă nu este posibilă indexarea sau cuplarea pinionului se va semnala eroare.

Ciclul capului revolver se consideră încheiat în momentul în care se realizează cuplarea pinionului.

Partea de ungere funcționează automat fără a fi necesară intervenția operatorului. Pe timpul funcționării pompei de ungere lampa 8h se va aprinde.

Pentru comanda instalație de răcire a uleiului se va apăsa acțiunea asupra comutatorului 8b1.

MESAJELE DE EROARE

Mașina Gpr 45 Nc are implementat cu un sistem de autodiagnosticare a defectelor apărute în timpul execuției. Dacă operatorul constată faptul că mașina nu mai funcționează ar trebui să citească conținutul mesajelor de eroare afișate de terminal și să încerce dacă este posibil să remedieze cauzele care au dus la apariția erorii. În orice caz recomandăm ca operațiile de depanare a defectelor să fie realizate de personal calificat.

În continuare vom prezenta conținutul tuturor mesajele de eroare alocate precum și sugestii în ceea ce privește remedierea erorilor.

cod eroare	Semnificatie	Remediu
1.	Modulele CNC nu sunt alimentate! Apasati pe butonul de „Pornire Instalatie”	Daca eroarea nu dispare verificati: -starea sigurantelor 1e1,1e2 si a disjuncteurului 18a1. -starea disjunctoarelor 1a8..1a11; - verificati legaturile asociate elementelor amintite; -verificati legatura terminalului cu rack-ul PLC! - daca in urma acestor verificari eroarea nu dispare apelati la service!
2.	Modul de control al axelor defect!	Apelati la service!
3.	Modul de intrare defect!	Verificati starea sigurantelor e8, e9,e10,e12.
4.	Modul de iesire O2 defect!	Apelati la service!
5.	Modul de iesire O1 defect!	Apelati la service!
10.	Avarie!	Probabil unul din butoanele de avarie este apasat. Eliberati butonul si apoi apasati butonul „Pornire Instalatie” (1b8). Daca avaria este remediata lampa butonului se va aprinde. Daca prin aceasta problema nu e remediata verificati: -starea disjunctoarelor 1a8..1a10; -legaturile prezentate in schema 8 circuitul 4.
15	Una sau mai multe axe sunt la capat de cursa! CNC-ul nu poate determina care! Apelati la service!	In mod normal aceasta eroare nu poate apare. Eroarea apare in general atunci cand bateria PLC-

		ului trebuie inlocuita.
-100	S-atins limitatorul de capat de cursa Z minus.	Singura miscare posibila este poate fi realizată in scopul eliberarii limitatorului. Miscarea nu trebuie sa fie o miscare incrementală!
-101	S-atins limitatorul de capat de cursa Y minus.	Idem -100
-102	S-atins limitatorul de capat de cursa X minus.	Idem -100
-103	S-atins limitatorul de capat de cursa Z plus.	Idem -100
-104	S-atins limitatorul de capat de cursa Y plus.	Idem -100
-105	S-atins limitatorul de capat de cursa X plus.	Idem -100
-	Elementele auxiliare ale canalului asociat axei X nu sunt alimentate.	Verificati starea sigurantei 17e2 si modalitatea de conectare a mufelor B si C ale modulului CAY.
17	Intrarea oprire de urgenta asociata canalului axei X nu este conectata la 24V CC. Remediatii eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Verificati legatura dintre pinul 6 al mufei B (CAY) cu cablul 2352.
18	Cablu traductor X intrerupt. Remediatii eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Suplimentar verificati strapul dintre pinii 13 si 15 ai mufei CH0.
19.	Traductorul axei X nu este alimentat. Remediatii eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Verificati siguranta 17e1 si modalitatea de conectare a cablului 1701.
20	Defect variator. Remediatii eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Daca la nivelul variatorului nu observati nici o eroare, verificati faptul ca pe terminalul RB al variatorului tensiunea in raport cu cablul 1820 este de 24 V si continuitatea cablului 1615.
21	Scurt circuit al iesirii analogice al axei X. Remediatii eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Verificati elementele prezyente in CN (pag 16) si cablul care leaga CN de modulul CAY.
25	Eroare de oprire a axei X. Apasati butonul continuare!	Daca situatia apare in mod frecvent apelati service.
26	Eroarea de pozitie a axei X a depasit limita maxim admisibila. Apasati butonul continuare!	Verificati faptul ca partea mecanica nu este blocata de elemente straine.
27	Eroarea de pozitie a axei X a depasit limita maxim admisibila. Apasati butonul continuare!	
28.	Viteza maxima a fost depasita pe axa X. Apasati butonul continuare!	Apelati la service.

29.	A fost atinsa limita soft inferioara a axei X. Apasati butonul continuare!. Deplasati apoi axa X in sens pozitiv!	
30	A fost atinsa limita soft superioara a axei X. Apasati butonul continuare!. Deplasati apoi axa X in sens negativ!	
32	Eroare axa X!	Daca situatia apare apelati la service!
40	Intrarea oprire de urgenta asociata canalului axei Y nu este conectata la 24V CC. Remediat eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Verificati legatura dintre pinul 6 al mufei B (CAY) cu cablul 2352.
41	Cablu traductor Y intrerupt. Remediat eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Suplimentar verificati strapul dintre pinii 13 si 15 ai mufei CH0.
42.	Traductorul axei Y nu este alimentat. Remediat eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Verificati siguranta 17e1 si modalitatea de conectare a cablului 1701.
43	Defect variator. Remediat eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Daca la nivelul variatorului nu observati nici o eroare, verificati faptul ca pe terminalul RB al variatorului tensiunea in raport cu cablul 1820 este de 24 V si continuitatea cablului 1615.
44	Scurt circuit al iesirii analogice al axei Y. Remediat eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Verificati elementele prezyente in CN (pag 16) si cablul care leaga CN de modulul CAY.
50	Eroarea de pozitie a axei Y a depasit limita maxim admisibila. Apasati butonul continuare!	Daca situatia apare in mod frecvent apelati service.
51	A fost atinsa limita soft superioara a axei Y. Apasati butonul continuare!. Deplasati apoi axa Y in sens negativ!	Verificati faptul ca partea mecanica nu este blocata de elemente straine.
52	A fost atinsa limita soft inferioara a axei Y. Apasati butonul continuare!. Deplasati apoi axa Y in sens pozitiv!	
53	Viteza maxima a fost depasita pe axa Y. Apasati butonul continuare!	Apelati la service.
54	Eroare de oprire a axei Y. Apasati butonul continuare!	
55	Eroare! Axa Y nu poate fi pozitionata in fereastra tinta!	
56	Eroare axa Y!	Daca situatia apare apelati la service!
60	Intrarea oprire de urgenta asociata canalului axei Y nu este conectata la 24V CC. Remediat eroarea si apoi apasati butonul	Verificati legatura dintre pinul 6 al mufei B (CAY) cu cablul 2352.

	continuare.	
61	Cablu traductor Y intrerupt. Remediat eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Suplimentar verificati strapul dintre pini 13 si 15 ai mufei CH0.
62	Traductorul axei Y nu este alimentat. Remediat eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Verificati siguranta 17e1 si modalitatea de conectare a cablului 1701.
63	Defect variator. Remediat eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Daca la nivelul variatorului nu observati nici o eroare, verificati faptul ca pe terminalul RB al variatorului tensiunea in raport cu cablul 1820 este de 24 V si continuitatea cablului 1615.
64	Scurt circuit al iesirii analogice al axei Y. Remediat eroarea si apoi apasati butonul continuare.	Verificati elementele prezyente in CN (pag 16) si cablul care leaga CN de modulul CAY.
65	A fost atinsa limita soft superioara a axei Y. Apasati butonul continuare!. Deplasati apoi axa Y in sens negativ!	
70	A fost atinsa limita soft inferioara a axei Y. Apasati butonul continuare!. Deplasati apoi axa Y in sens pozitiv!	
72	Eroarea de pozitie a axei Y a depasit limita maxim admisibila. Apasati butonul continuare!	Verificati faptul ca partea mecanica nu este blocata de elemente straine. Daca situatia apare frecvent apelati la service!
73	Viteza maxima a fost depasita pe axa Y. Apasati butonul continuare!	Apelati la service.
74	Eroare de oprire a axei Y. Apasati butonul continuare!	Daca situatia apare in mod frecvent apelati service
75	Eroare! Axa Y nu poate fi pozitionata in fereastra tinta!	
76	Eroare axa Y!	Daca situatia apare apelati la service!
80	Porniti pompa!	
81	Presiunea maxima nu a fost atinsa!	
85	Lipsa tensiune alimentare ambreiaje si frane!	
86	Disjunctorul 3a1 nu este armat!	
87	In cadrul ciclului fix de filetare s-a atins curentul maxim pentru arbore (setat cu ajutorul releului 3a1)	
90	Nu se poate realiza deblocarea hidraulica a axei Z!	Verificati integritatea circuitului electric asociat electrovalvei 2So2 si starea presostatului 1f02

91	Nu se poate realiza deblocarea hidraulica a axei Y!	Verificati integritatea circuitului electric asociat electrovalvei 1So3 si starea presostatului 1f03
92	Nu se poate realiza deblocarea hidraulica a axei X!	Verificati integritatea circuitului electric asociat electrovalvei 2So2 si starea presostatului 2f03!
94	Defect disjunctoare 8a1,8a2,8a4	
95	Releele de vant nu sunt actionate!	Verificati releele de vant precum si legaturile electrice atasate!
96	Lipsa ulei pentru ungere ghidaje!	Completati nivelul de ulei!
99	Eroare stabilire punct referinta fortat!	Apelati la service!
101	Arborele nu mai poate fi rotit deoarece pozitia rotilor baladoare nu e corespunzatoare! Apasati continuare! Se va incerca reluarea executiei programului piesa!	
102	Arborele nu mai poate fi rotit deoarece trebuie rotit capul revolver! Executia programului piesa nu mai poate continua!	
103	S-a apasat butonul stop arbore principal in timpul executiei unei fraze! Apasati continuare!	
104	Arborele nu poate fi rotit! Apasati continuare!	
105	Dupa 4 incercari nu s-a putut indexa capul revolver! Ciclul de lucru al capului revolver se sisteaza! Apasati continuare!	De completat!
106	Dezindexarea nu se poate realiza! Ciclul de lucru al capului revolver se sisteaza! Apasati continuare!	
107	Limitatorul de dezindexare e defect! ! Ciclul de lucru al capului revolver se sisteaza! Apasati continuare!	
108	Pinionul nu poate fi decuplat! Ciclul de lucru al capului revolver se sisteaza! Apasati continuare!	
109	Limitatorul B50!. Defect! (Decuplare pinion). Ciclul de lucru al capului revolver se sisteaza! Apasati continuare!	
111	Eroare limitatoarele care sesizează pozitia capului revolver (b52) nu functioneaza corect! Ciclul de lucru al capului revolver se sisteaza! Apasati continuare!	
112	Eroare limitatorul care sesizează pozitia de indexare este nu functioneaza corect sau lipseste o cama!	
113	In timpul ciclului capului revolver s-a	

	sesizat lipsa unei came care indica pozitia de indexare!	
120	Limitatorul b5 nu a fost acționat in timpul prestabilit!	Verificați partea hidraulică precum și legăturile electrice!
121	Limitatorul b4 nu a fost acționat in timpul prestabilit!	Verificați partea hidraulică precum și legăturile electrice!
122	Limitatorul b3 nu a fost acționat in timpul prestabilit!	Verificați partea hidraulică precum și legăturile electrice!
123	Limitatorul b7 nu a fost acționat in timpul prestabilit!	Verificați partea hidraulică precum și legăturile electrice!
124	Limitatorul b6 nu a fost acționat in timpul prestabilit!	Verificați partea hidraulică precum și legăturile electrice!
125	Limitatorul b1 nu a fost acționat in timpul prestabilit!	Verificați partea hidraulică precum și legăturile electrice!
126	Limitatorul b2 nu a fost acționat in timpul prestabilit!	Verificați partea hidraulică precum și legăturile electrice!
0	OK	
-5	Revenire in punctul in care programul piesa a fost intrerupt! Eliberati butonul „Revenire” apoi apasati acest buton!	
-6	Revenire in punctul in care programul piesa a fost intrerupt! Apasati butonul „Revenire”!	
-7	Revenire in punctul in care programul piesa a fost intrerupt! Pentru a realiza deplasarea mentineti apasat butonul „Revenire”!	
-8	Curent maxim arbore! Miscarea de avans este intrerupta!	
-10	Nu exista suficiente conditiii pentru a schimba turatia! Rotiti mai intai capul revolver!	
-11	Ciclu fix intrerupt! Pana cand scula iese din alezaj nu pot fi realizate decat miscari Z+!	
-12	Program piesa intrerupt! Registrul de memorare al deplasarilor este plin! Nu se mai pot realiza deplasari pe alte axe!	
-13	Program piesa intrerupt! Memorare!	
-16	Mișcarea incrementală nu se poate realiza deoarece axele nu sunt calibrate!	
-17	Miscarea solicitata nu se poate realiza deoarece s-ar depasi limitele software ale axei!	
-18	Valoarea incrementului nu este	

	corespunzatoare!	
-25	Solicitare de activare a modului de lucru conventional! Se amana pana la executarea frazei curente!	
-26	Solicitare de activare a modului de lucru conventional!	
-29	Nu se poate activa modul de lucru solicitat deoarece nu exista conditii suficiente pentru schimbarea turatiei! Rotiti mai intai capul revolver!	
-30	Oprire programata! Apasati „Start ciclu”!	
-999	Axe necalibrate! Punctul zero masina nu a fost stabilit!	
1000	Apasati butonul continuare!	

În timpul execuției unui program pot apare următoarele mesaje de eroare:

Mesaj

În fraza care conține G92 nu au fost programate toate adresele geometrice

Valoare F necorespunzatoare

Ciclu fix programat necorespunzător. Cota Z e mai mare decât cota R.

Valoarea cotei X in coordonatele mașinii nu se afla in cursa de lucru

Valoarea cotei Y in coordonatele mașinii nu se afla in cursa de lucru

Valoarea cotei Z in coordonatele mașinii nu se afla in cursa de lucru

Valoarea cotei R in coordonatele mașinii nu se afla in cursa de lucru

S-a programat deplasare fără ca arborele principal sa fie rotit

S-a programat rotirea arborelui fără sa fie selectata o scula sau parametrii funcției T sunt incorecți

S-a programat rotirea arborelui fără sa fie selectata o treaptă de turatie

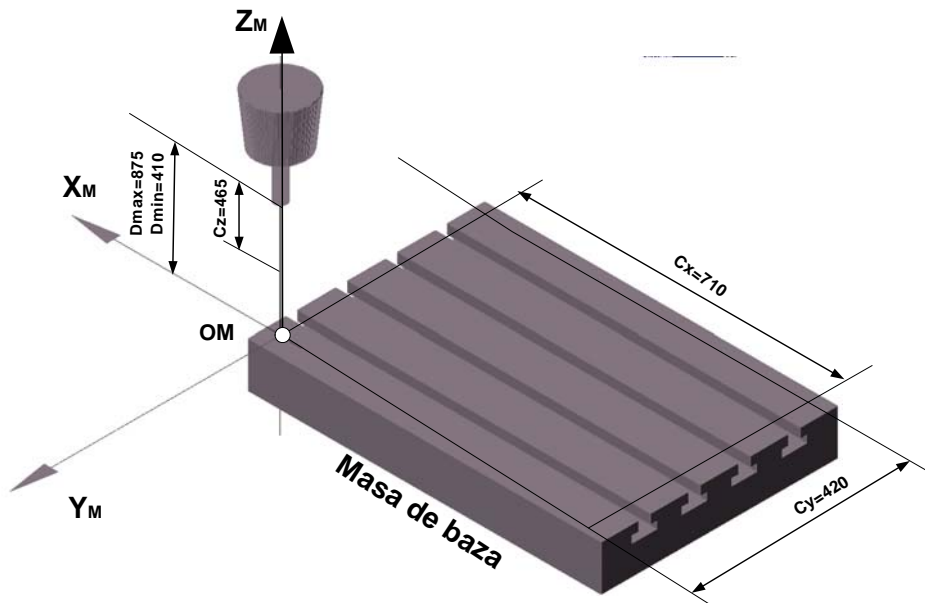
S-a programat deplasare pe axa Z in stare G91 după ce s-a executat M6.

Deplasarea duce la atingerea mesei

Ciclu fix necorespunzător cota Z e mai mare decât cota pe R.

PROGRAMAREA MAȘINII

Sistemul de coordonate al mașinii unelte



OM XM YM ZM-sistem de coordonate mașină uneltă.

Cx, Cy, Cz –cursele maxime pe axele XM, YM, ZM.

Dmax, Dmin-distanță maximă, respectiv minimă între suprafața frontală a arborelui principal și suprafața mesei de bază.

Axele de deplasare rectilinie ale mașinii formează un sistem geometric de coordonate.

Axele mașini sunt următoarele:

- *Axa Z* este identică cu axa arborelui principal. Sensul pozitiv al axei Z corespunde deplasării care duce la mărirea distanței dintre sculă și semifabricat.
- *Axa X* este paralelă cu suprafața de așezare a semifabricatului și reprezintă axa principală de deplasare în planul în care se realizează poziționarea piesei față de sculă. Sensul pozitiv al axei X este spre dreapta atunci când se privește mașina dinspre montant spre arborele principal.
- *Axa Y* întrece triedrul și este deci perpendiculară pe planul XOZ. Sensul pozitiv al axei Y se determină cu regula burghiului.

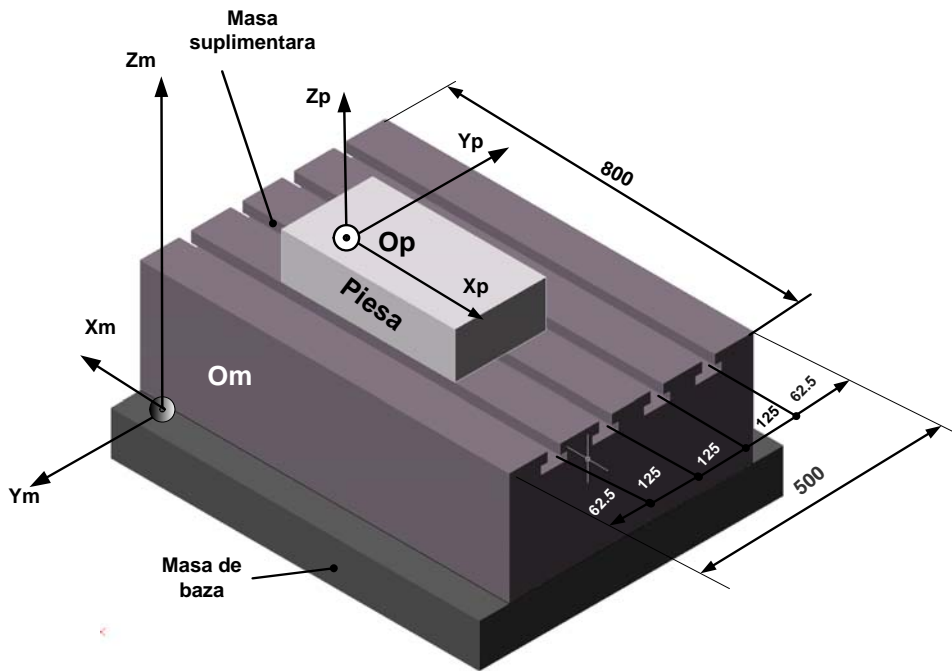
Zero mașină OM (punct de referință fix pe mașină). Conform STAS 8902-71 „Mașini unelte cu comandă numerică. Axe și mișcări” punctul de zero mașină este amplasat în acea extremitate a axelor în care se pot efectua doar deplasări în sensul pozitiv al axelor.

În cazul axelor X și Y acest punct poate fi atins în cadrul regimului „Zero”. În aceste cazuri simultan se face și sincronizarea sistemului de măsură. Limitatoarele folosite pentru detectarea punctului de zero mașină se află plasate chiar în punctul fix de referință.

În cazul axei Z limitatorul de sincronizare este plasat la distanța de 875 [mm] față de suprafața mesei de bază. Pentru axa Z sistemul de măsură determină poziția suprafeței frontale a arborelui principal față de suprafața mesei.

Sistemul de coordonate al piesei

Se alege astfel se alege astfel încât bazele sistemului de măsurare să coincidă cu bazele tehnologice și cu axele de coordonate ale piesei.



OM XM YM ZM-sistem de coordonate mașină unealtă.

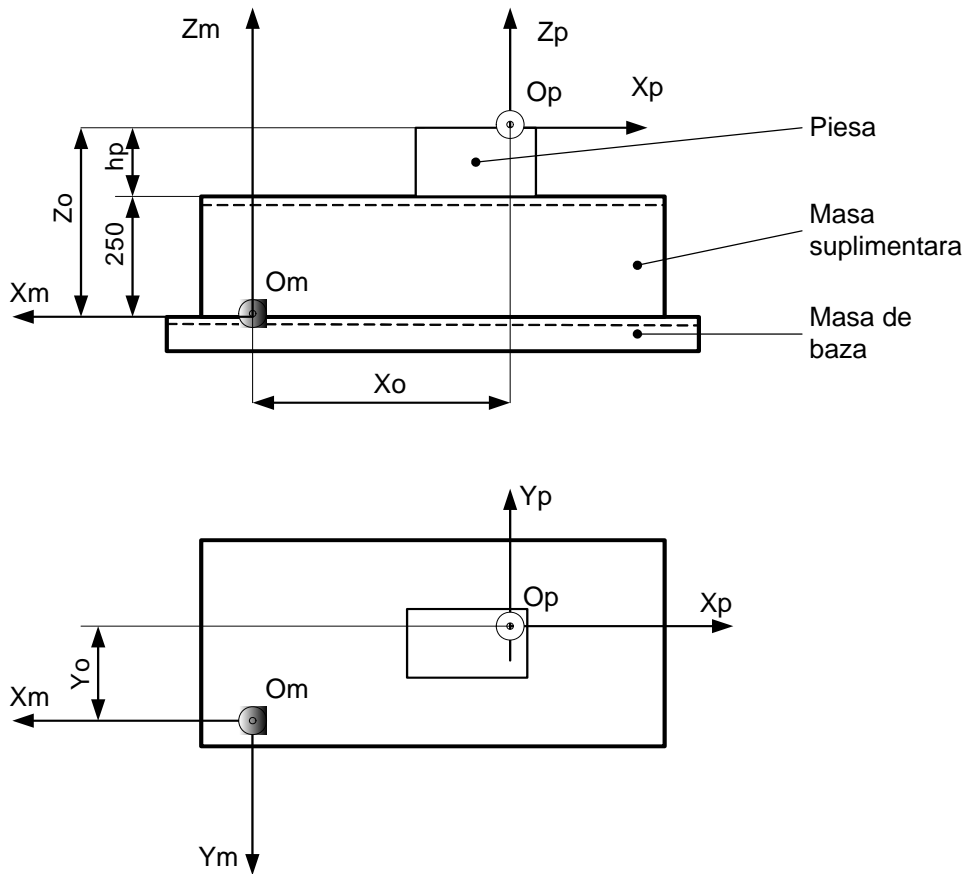
Op Xp Yp Zp-sistem de coordonate piesă.

Depasările de origine reprezintă coordonatele de translație a sistemului de axe piesă în sistemul de coordonate ale mașinii.

- X0 deplasarea de origine pe axa X care reprezintă distanța dintre proiecțiile axelor OM XM și Op Xp pe suprafața mesei de bază.
- Y0 deplasarea de origine pe axa Y care reprezintă distanța dintre proiecțiile axelor OM YM și Op Yp pe suprafața mesei de bază.
- Z0 deplasarea de origine pe axa Z care reprezintă distanța dintre proiecțiile axelor OM ZM și Op Zp măsurată de-a lungul axei Z.

$$Z0=250+h_p$$

În formula de mai sus h_p reprezintă înălțimea piesei iar 250 este înălțimea mesei suplimentare.

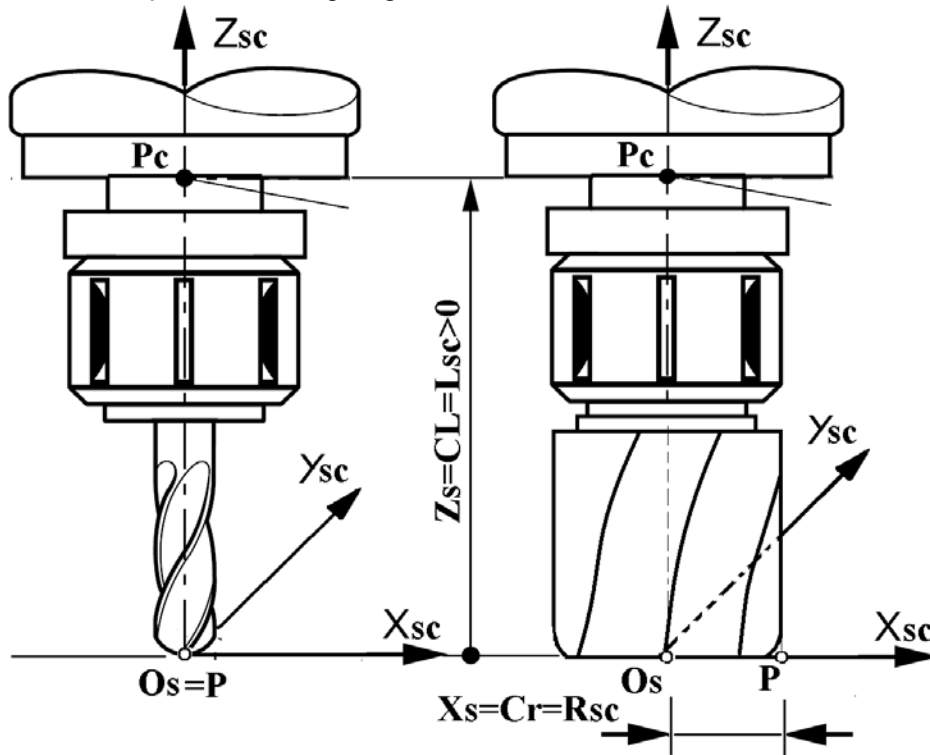


Originea piesă se stabilește în regimul NUL. Valoarea originii piesă se poate introduce prin program în orice moment cu ajutorul funcției G92 la adresele X,Y, Z. Toate cotele programate în frazele următoare vor fi raportate la noua origine.

Deplasările suplimentare de origine sunt anulate la lansare în execuție a unui program sau programând fraza G92 X0 Y0 Z0

Sistemul de coordonate sculă

Vizează caracteristicile dimensionale ale sculei. Se ia în considerare prin corecțiile de sculă. Se mai numesc și coordonate de preregare.



Pc- punctul controlat de sistemul de măsură.

OsXsYsZs- sistem de coordonate sculă

CL-corecție de lungime

CR-corecție de rază

P-punct programat.

- Coordonata de preregare a sculei pe direcțiile X și Y este $X_s=Y_s=R_{sc}$ și se comunică echipamentului NC prin corecția de rază $CR=R_{sc}$.
- Coordonata de preregare a sculei pe direcția Z este $Z_{sc}=L_{sc}$ și se comunică prin intermediul corecției de lungime și se comunică echipamentului prin corecția de $CL=L_{sc}$.

Obs.

1. La stabilirea tehnologiei program fiecare i se atașează un registru de corecție din domeniul D00-D63, și o corecție de rază din același domeniu dar corecțiile trebuie să fie distincte.
2. Valorile corecțiilor se determină prin măsurare cu ajutorul unor aparate de prereglat scule sau utilizând afișajul echipamentului de comandă numerică la atingerea suprafeței de zero a piesei pe direcția Z pentru corecția de lungime.

PROGRAMAREA

Adresele tehnologice G

Sunt împărțite în grupe după cum urmează:

Grupa 1

G00-poziționare cu avans rapid (avansul este de 2500 mm/min)

G01-poziționare sau prelucrare cu avansul programat prin intermediul funcției F.

Grupa 2

G04-temporizare. Valoarea temporizării este precizată cu ajutorul funcției F care trebuie programată în aceeași frază cu funcția G04.

Grupa 3

G24-anulare oglindire

G25-oglindire față de axa **Y**

G26-oglindire față de axa **Z**

G27- oglindire față de axele **X** și **Y**

CNC-ul execută toate frazele delimitate de una din funcțiile G25, G26, G27 și de funcția G24 de două ori. Prima dată nu se ține seama de funcția de oglindire iar a doua oară se modifică semnul adreselor geometrice în funcție de funcția de oglindire programată.

Grupa 4

G40-anulare corecție de sculă

G43-corecție negativă de sculă

G44- corecție pozitivă de sculă

Grupa 5

G60-poziționare precisă

G61-poziționare unidirecțională. Toate poziționările au loc în același sens , sensul pozitiv.

Grupa 6

G90- programare absolută

G91-programare incrementală

Grupa 7

G92- deplasare suplimentară de origine.

Obs: Într-o frază nu se pot programa două funcții din aceeași grupă.

Grupa 8

Cicluri fixe de găurire: G81, G82, G83, G84, G85, G86, G87, G88, G89.

Anulare cicluri fixe G80.

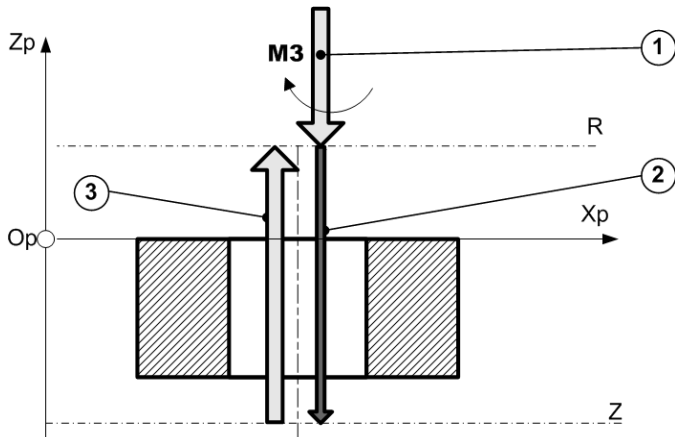
Detaliere cicluri fixe

Funcția G81

Ciclu fix de găurire (găurire, alezare, strunjire, etc) se programează:

N** G81 [G44] Z D** R F

1. Poziționare cu avans rapid până la planul de siguranță R
2. Găurire cu avansul F înscris pînă la planul R=Zi
3. Poziționare cu avans rapid până în planul R de siguranță

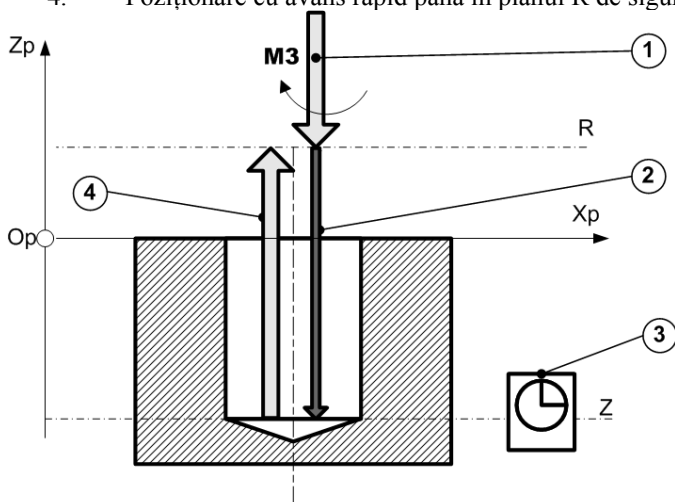


Functia G82

Ciclu fix de găurire cu temporizare(lamare, adâncire etc) se programează:

N** G82 [G44] Z D** R F

1. Poziționare cu avans rapid până la planul de siguranță R.
2. Găurire cu avansul F înscris pînă la planul Z
3. Temporizare în funcție de valoarea definită în ecranul anexe.
4. Poziționare cu avans rapid până în planul R de siguranță

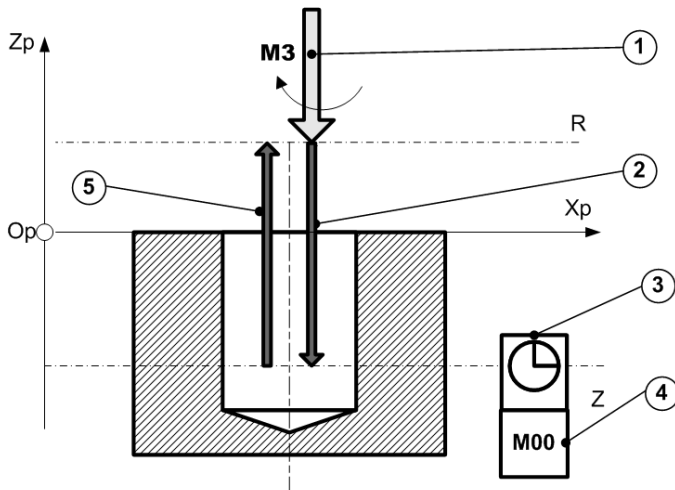


Functia G83

Ciclu fix de alezare cu temporizare(lamare, adâncire etc) se programează:

N** G83 [G44] Z D** R F

- 1 Poziționare cu avans rapid până la planul de siguranță R.
- 2 Alezare cu avansul F înscris pînă la planul Z
- 3 Temporizare în funcție de valoarea definită în ecranul anexe.
- 4 Oprire
- 5 Poziționare cu avans de lucru până în planul R de siguranță

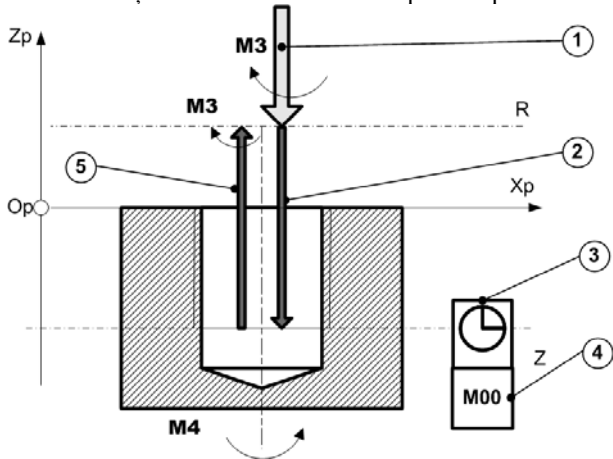


Functia G84

Ciclu fix de filetare cu tarodul se programează:

N** G84 [G44] Z D** R F

- 1 Poziționare cu avans rapid până la planul de siguranță R.
- 2 Filetare cu avansul F pînă la planul Z
- 3 Reversare sens rotire sculă.
- 4 Poziționare cu avans de lucru până în planul R de siguranță



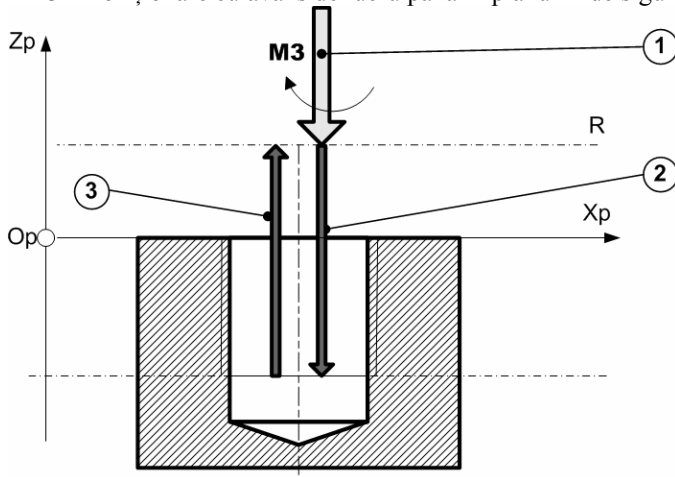
Functia G85

Ciclu fix de alezare:

N** G85 [G44] Z D** R F

- 1 Poziționare cu avans rapid până la planul de siguranță R.

- 2 Alezare cu avansul F pînă la planul Z
- 3 Poziționare cu avans de lucru până în planul R de siguranță

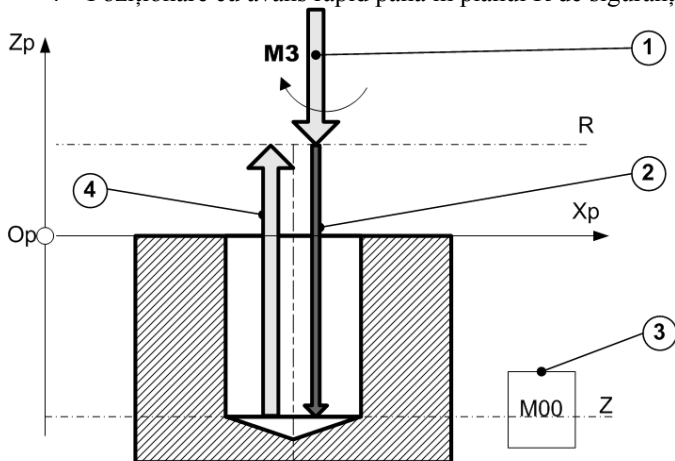


Functia G86

Ciclu fix de alezare se programează:

N** G86 [G44] Z D** R F

- 1 Poziționare cu avans rapid până la planul de siguranță R.
- 2 Alezare cu avansul F înscris pînă la planul Z
- 3 Opre
- 4 Poziționare cu avans rapid până în planul R de siguranță

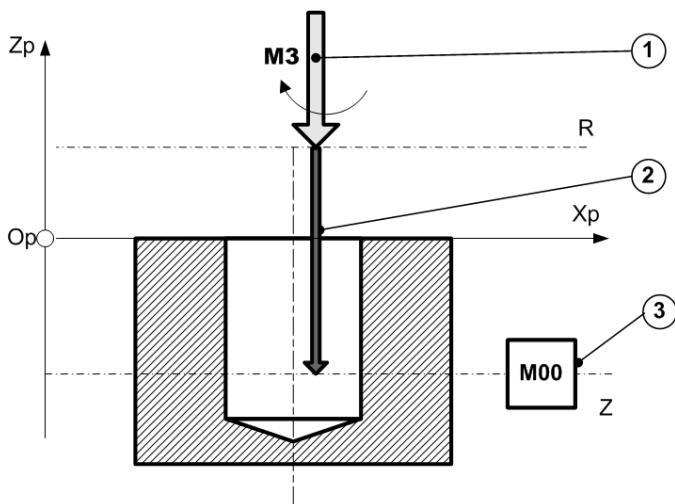


Functia G87

Ciclu fix de alezare se programează:

N** G87 [G44] Z D** R F

- 1 Poziționare cu avans rapid până la planul de siguranță R.
- 2 Alezare cu avansul F pînă la planul Z
- 3 Opre

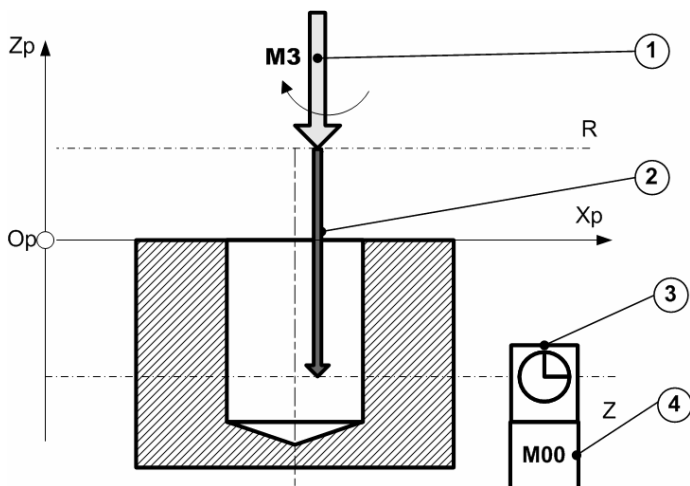


Functia G88

Ciclu fix de alezare se programează:

N** G88 [G44] Z D** R F

- 1 Poziționare cu avans rapid până la planul de siguranță R.
- 2 Alezare cu avansul F înscris pînă la planul Z
- 3 Temporizare în funcție de valoarea definită în ecranul anexe.
- 4 Oprire

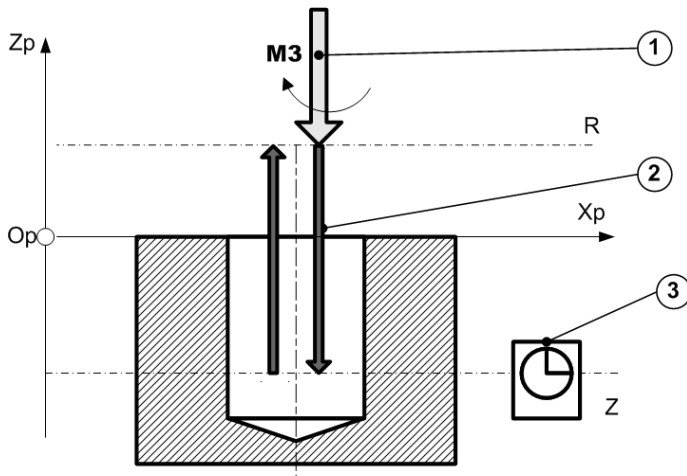


Functia G89

Ciclu fix de alezare se programează:

N** G89 [G44] Z D** R F

- 1 Poziționare cu avans rapid până la planul de siguranță R.
- 2 Alezare cu avansul F înscris pînă la planul Z
- 3 Temporizare în funcție de valoarea definită în ecranul anexe.
- 5 Poziționare cu avans rapid până în planul R de siguranță



Adresele geometrice Z și R nu trebuie introduse de fiecare dată. Dacă anterior a fost programat un ciclu fix și acesta nu a fost anulat prin intermediul funcției G80 și una din adresele geometrice Z sau R lipsește se va lua în considerare valoarea pe care această adresă a avut-o în ciclul programat anterior.

Se recomandă ca atunci când se programează G80 să se programeze și o deplasare pe axa Z în scopul evitării coeziunii sculei cu piesa.

Adrese geometrice

Formula structurală

$$X \pm 4.3 Y \pm 4.3 Z \pm 4.3 \quad R \pm 4.3$$

Exemple:

Poziționare în punctul de coordonate

X=242,000 mm	X242
Y=-100,456 mm	Y-100,456
Z=-5,346 mm	Z-5,346

X, Y, Z- sunt coordonatele programate ale pieselor.

R-planul de siguranță utilizat ca și coordonată pe direcția axei Z de la care se începe prelucrarea într-un ciclu fix recunoscut de CNC.

Registri de corecție

Definește numărul registrului în care s-au înscris coordonatelor de prereglare ale sculelor. CNC-ul dispune de 64 de registre de la D0 la D64

Funcția de avans

Se pot programa avansuri de la 4 la 1250mm/min.

Exemplu:

S=38 mm/min	F38
-------------	-----

S=1024 mm/min

F1024

Funcția F este activată de funcțiile G01, G81, G82, G83, G84, G85, G86, G87, G88, G89.

Obs: Funcția de avans F asociată cu funcția tehnologică G04 specifică intervalul de timp folosit pentru temporizare. Valoarea precizată este considerată a fi exprimată în zecimi de secundă.

Exemplu:

Temporizare 3 secundă **G04 F30**.

Funcția de turație S

Treapta de turație programată se alege din tabelul.

Cod	S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Turație [rot/min]	n	56	80	112	160	224	315	450	630	900	1250	1800	2500

Exemplu:

Turația n=224 rot/min

-S5

Funcții de sculă:

Formula structurală T2

Cod	T	01	02	03	04	05	06
Poziția capului revolver	Nr	1	2	3	4	5	6

Funcții auxiliare M**Grupa numărul 1**

M00- Oprire program. Pentru reluare se apasă butonul „Start ciclu” prezent la nivelul interfeței om mașină în regimurile AUTO și IMD

M01- Oprire program

M02-sfârșit program

Grupa numărul 2

M03- rotire arbore principal spre dreapta.

M04- rotire arbore principal spre stânga.

M05- oprire arbore principal.

Grupa numărul 3

M06- rotire cap revolver.

Programarea acestei funcții determină deplasarea axei Z până la cota 860 mm și apoi rotirea capului revolver pentru selectarea postului de lucru specificat de funcția T.

Observații:

- Funcțiile M00, M01, M02, M05 – anulează funcțiile M03 și M04.
- Nu este permisă deplasarea axelor fără rotirea arborelui principal.
- Funcțiile G81, G82, G83, G85, G86, G87, G88, G89 determina automat apariția funcției auxiliare M03.
- Funcția G84 determină apariția funcției M03 doar atunci când nu e activă funcția M04.
- Funcțiile M00, M01, M02, M05, M06 sunt eficace la sfârșitul frazei.
- Funcțiile M03, M04 sunt eficace la sfârșitul frazei.

Interpretarea corecțiilor de sculă

Corecția de sculă se programează prin intermediul funcției D. Numărul asociat funcției D corespunde registrului CNC în care s-a memorat corecția de sculă. Sunt disponibili 64 de registre de la D00 la D63. Valorile memorate în registre corespund unor corecții de rază sau de lungime.

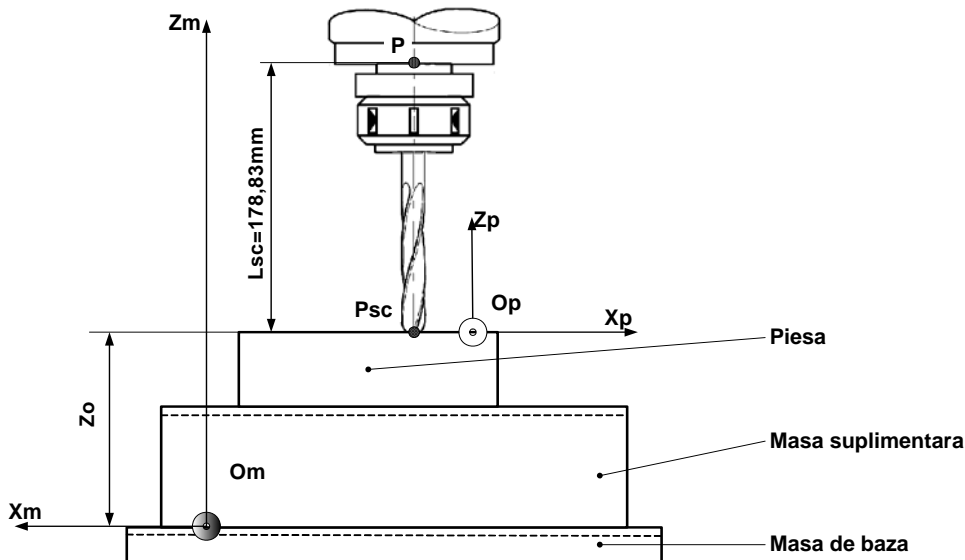
Corecții de lungime

Corecția de lungime se înscrie în fraza care conține informații privind deplasarea axei Z. De asemenea această corecție se poate introduce în fraza care conține cicluri fixe. Corecția de lungime este anulată cu o nouă corecție. Valoarea corecției de lungime nu se înscrie în fraza care conține funcția G40.

Exemplu:

- Sculei (burghiului) din poziția numărul 2 a capului revolver i s-a atașat prin program registrul de corecție D2.
- După prereglarea sculei la aparatul de prereglat s-a citit lungimea sculei L=178,83 [mm].
- Introducând ca valoare de NUL (deplasare de origine pe axa Z) valoarea Z0, sistemul de măsură va controla în sistemul de coordonate Op Xp Yp Zp punctul P corespunzător frontalului arborelui principal pe axa acestuia.
- Introducând în registrul D2 valoarea 178,83 și în program următoarele fraze:

N100 S3 T2 M6
N110 X-20 M3
N120 Y0
N130 G44 Z0 D2



- Fraza 100 se selectează treapta a treia de turație ($S3=112$ rot/min) și se comandă rotire capului revolver (M6) pe poziția numărul 2(T2).
- Fraza 110 – are loc o poziționare cu avans rapid pe direcția X la valoarea $X=-20$ [mm] față de $O_p X_p$ după ce în prealabil s-a pornit rotația arborelui principal spre dreapta.
- Fraza 120 – are loc o poziționare cu avans rapid pe direcția Y la valoarea $Y=0$ [mm] față de $O_p Y_p$.
- Fraza 130 – are loc o poziționare cu avans rapid a capului vertical pe direcția Z la cota :
 $Z=Z_{\text{programat}} + D2 = 0 + 178,83 = 178,83$ [mm] față de $O_p X_p$, deci la valoarea cotei programate se adaugă valoarea înscrisă în registrul D2 (178,83) astfel punctul P controlat de sistemul de măsură aflat pe suprafața frontală a arborelui de lucru se află la distanța de 178,83 [mm] față de suprafața piesei. Rezultă că vârful sculei Psc atinge exact punctul $Z=0$ programat.

Corecții de rază

Corecțiile de rază se scriu în frazele care conțin informații privind deplasarea axelor X și Y. Fiecărei direcții i se atașează un registru de corecție. Pentru fie care axă se va programa una din funcțiile G43 sau G44 pentru a indica semnul corecției introduse.

Exemplu:

- Frezei din poziția numărul 3 capului revolver i s-a atașat prin program registrul numărul 33.
- Introducând ca valoare de NUL (deplasare de origine pe axa X) valoarea X_0 , sistemul de măsură va controla în sistemul de coordonate $O_p X_p Y_p Z_p$ punctul O corespunzător intesecției dintre axa de rotație a frezei și planul $O_p X_p Y_p$
- Introducând în registrul D33 valoarea 50 și în program următoarele fraze:
 $N200 S3 T3 M6$
 $N210 G44 X100 D33 M3$
 $N220 Y80$
 $N230 G43 X100$

- Fraza 200 - se selectează treapta a treia de turație ($S_3=112$ rot/min) și se comandă rotire capului revolver (M6) pe poziția numărul 3(T3).

Fraza 210 - are loc o poziționare cu avans rapid pe direcția X la valoarea

$$X=X_{\text{programat}}+D33=100+50=150 \text{ [mm]}$$

față de $O_p X_p$, deci la valoarea

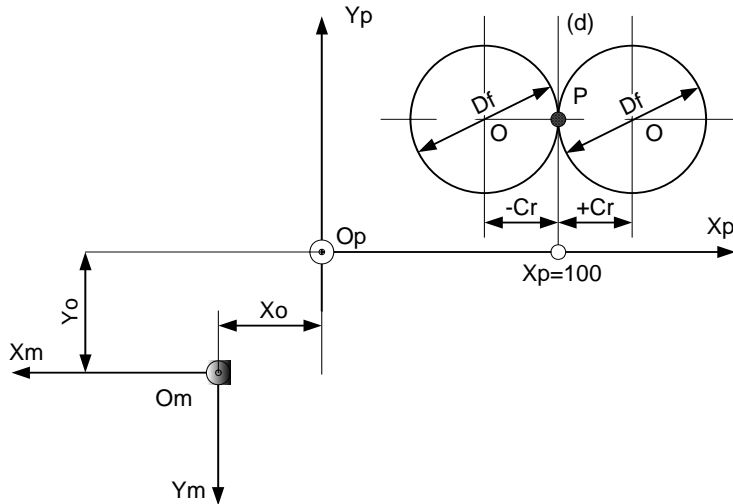
cotei programate se adaugă (G44) valoarea înscrisă în registrul D33 (50), axa frezei deplasându-se cu 50[mm] (raza frezei) din punctul programat ajunge tangentă la (d) .

- Fraza 220 - are loc o poziționare cu avans rapid pe direcția Y la valoarea $Y=80$ [mm] față de $O_p Y_p$.
- Fraza 230 -are loc o poziționare cu avans rapid pe direcția X la cota:

$$X=X_{\text{programat}}+D33=100-50=50 \text{ [mm]}$$

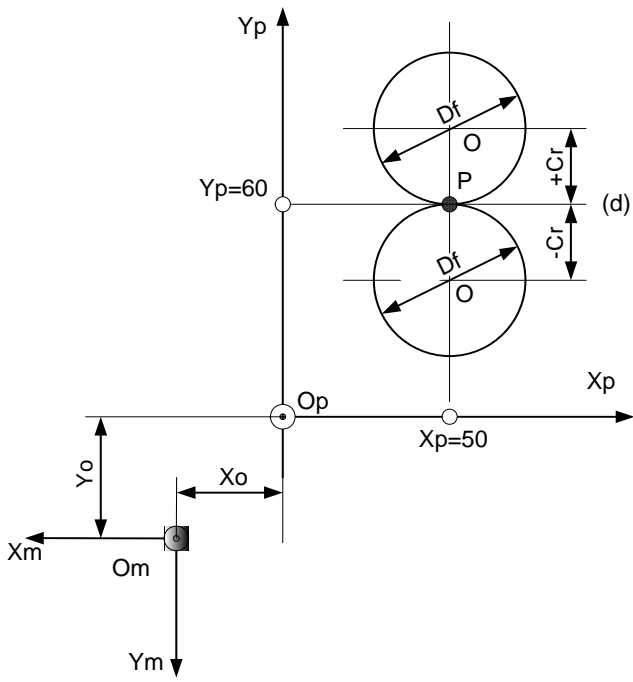
față de $O_p X_p$, deci la

valoarea cotei programate se scade (G44) valoarea înscrisă în registrul D33 (50). Axa frezei se deplasează cu 50[mm] (raza frezei) din punctul programat și ajunge tangentă la (d) .



P-punct programat
Cr-corecție de rază
Df-corecție

Pentru axa Y interpretarea este identică.



N100 S3 T3 M6
N110 G44 X100 D33 M3
N120 Y80
N130 G43 X100

Sistem software de comanda a liniilor de prelucrare prin stantare

Interfața concepută oferă posibilitatea de a controla mașina cu ușurință în regim automat și manual. Meniul principal

Formatted: Bullets and Numbering

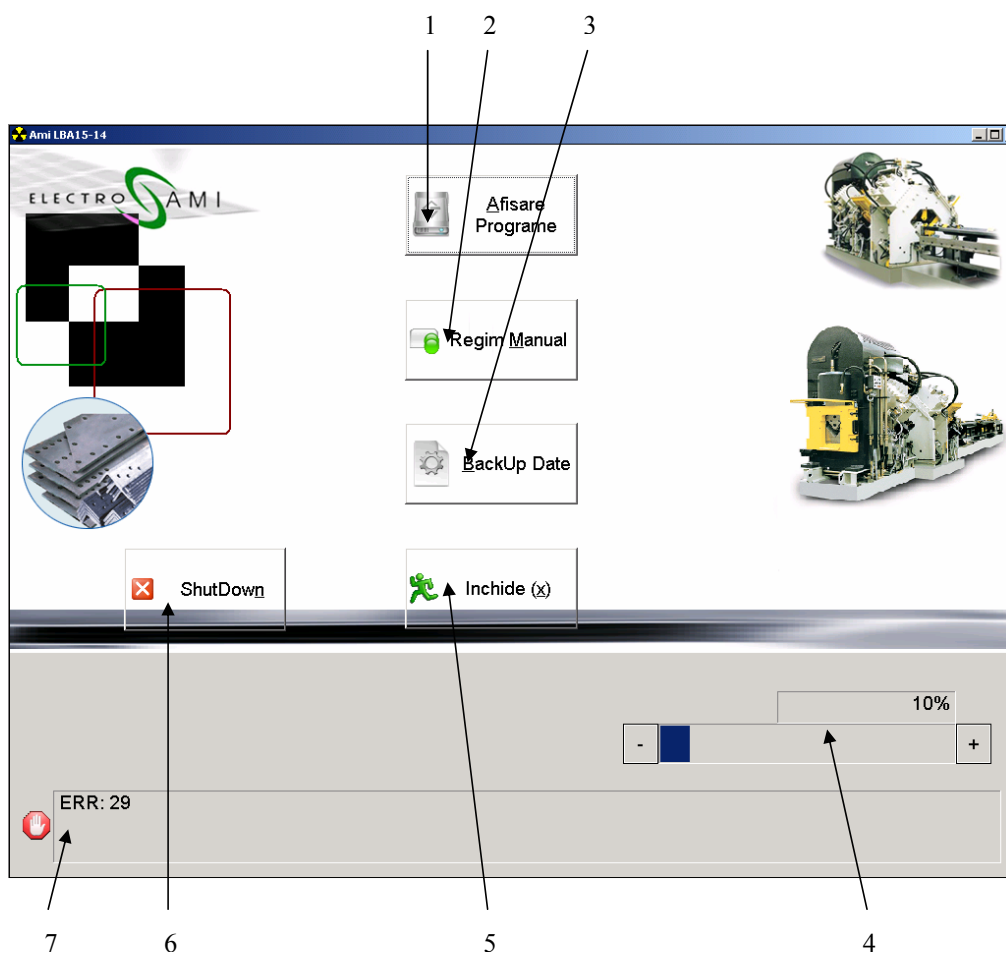






Figura 1. Meniul principal

Elementele meniului principal sunt :

1. Butonul „Afișare Programe” – inițializează un ecran ce conține toate programele piesă din baza de date. Se activează prin apăsarea tastei „A” de la tastatură;
2. Butonul „Regim Manual” – accesează fereastra de control în regim manual al mașinii. Se activează prin apăsarea tastei „M” de la tastatură;

3. Butonul „BackUp Date” – realizează o copie a bazelor de date într-o locație sigură din memoria calculatorului, în scopul evitării pierderii de informații;
4. Bara de reglare a vitezei – stabilește viteza de deplasare pe axa X, valabila atât pentru Regimul Manual cat si pentru Regimul Automat. Viteza se reglează prin intermediul butoanelor , activat cu tasta „F7” și , activat cu tasta „F8”;
5. Butonul „Închide” – închide aplicația. Se activează prin apăsarea tastei „X” de la tastatură;
6. Butonul „Shut Down” – oprește calculatorul în scopul deconectării mașinii. Se activează prin apăsarea tastei „N” de la tsatură;
7. Bara de stare – afișează starea curentă a mașinii. În cazul erorilor este afișată imaginea  împreună cu un mesaj de eroare în câmpul alăturat. Când mașina este în stare de funcționare bara de stare afișează butonul .

În tabelul de mai jos sunt afișate mesajele de eroare apărute în bara de stare. Dacă codul erorii este pozitiv aceasta este considerată critică și de aceea ea va determina oprirea auxiliarelor.

Mesaje de eroare

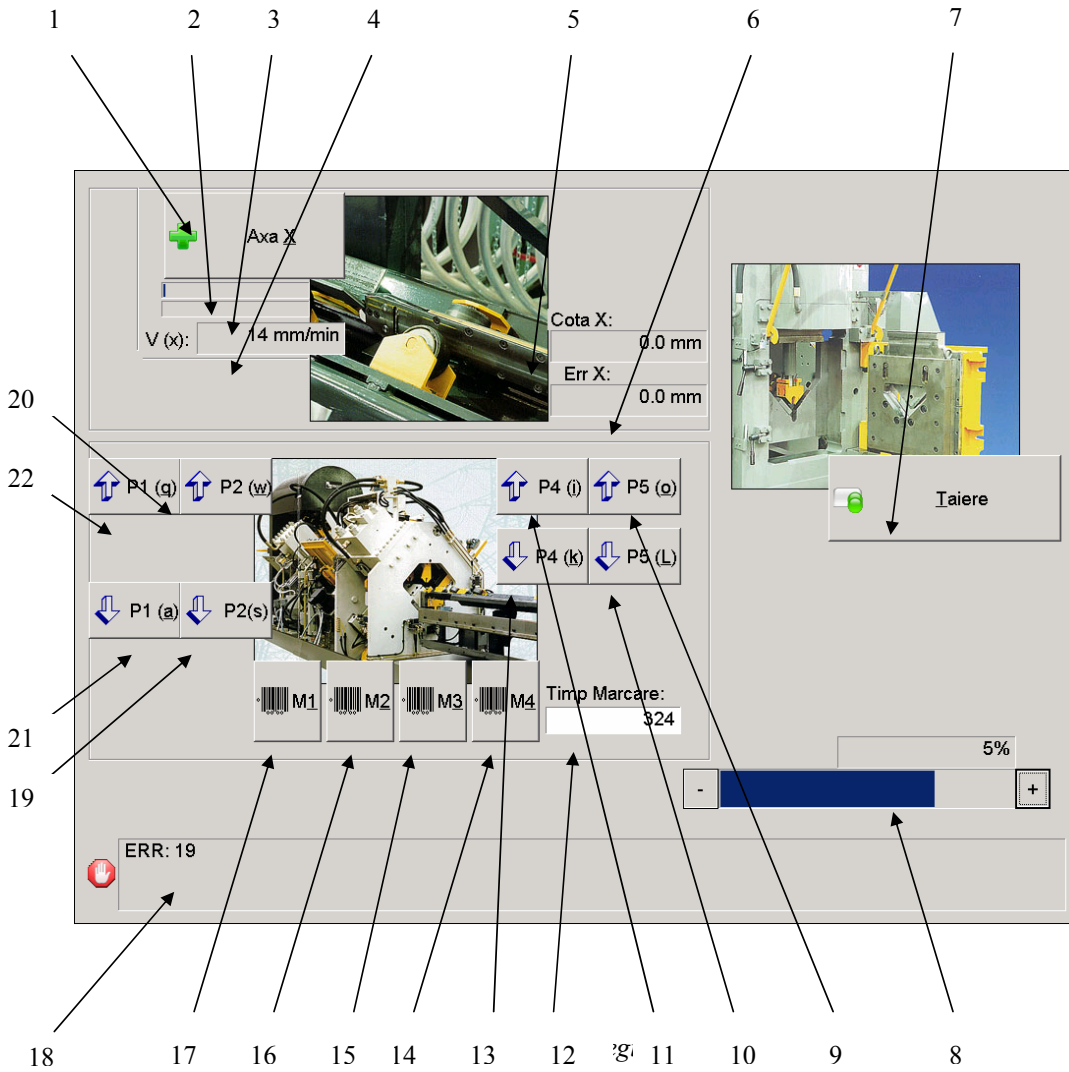
Cod	Descriere eroare
-1000	Pentru a relua lucrul apasati butonul “Continuare”
-900	Axa X nu este calibrate Realizati sincronizarea masinii!
-800	Axa X este blocată de cărucior. Calibrarea axei nu s-a realizat. Pentru a realiza mișcarea de rotație a mecanismului de incarcare apăsați simultan butonul “Continuare” și butonul “Încărcare” pentru 50 s.
-298	Initierea ciclului automat nu este posibila! Asteptati dezactivarea variatorului !
-296	Initierea ciclului automat nu este posibila! Una din unitatile de lucru nu este retrasa !
-294	Initierea ciclului automat nu este posibila! Clestele este in pozitie ridicata !
-290	Initierea ciclului automat nu este posibila! Clestele este deschis!
-288	Initierea ciclului automat nu este posibila! Una din unitatile de lucru nu este in

	pozitie de lucru !
-287	Initierea ciclului automat nu este posibila! Mecanismul de incarcare realizeaza ciclul de lucru !
-286	Initierea ciclului automat nu este posibila deoarece mecanismul planetar de incarcare blocheaza deplasarea caruciorului !
-245	Ciclul de incarcare nu se poate realiza deoarece ar lovi căruciorul!
-244	Ciclul de încărcare nu se poate realiza deoarece este posibil ca in zona de încărcare să existe deja o bara ! Dacă in zona de incarcare nu există deja o bară apăsați butonul “Continuare”
-243	Ciclul de încărcare nu se poate realiza cu cleștele închis !
-242	Timpul alocat pentru ciclul de încărcare a fost depășit !
-240	Coborârea clestelui nu se poate realiza deoarece ar apărea coliziune cu bara de pe calea de role! Dacă nu există bară sub cărucior apăsați butonul “Continuare”!
-230	Ridicarea clestelui nu se poate realiza deoarece clestele nu se afla în zona de siguranță ! Apăsați butonul “Continuare”
-198	Operația de prelucrare nu se poate realiza deoarece variatorul este activat !
-196	Operația de prelucrare nu se poate realiza deoarece una din unitățile de lucru nu este in poziție retrasă.
-194	Operația de prelucrare nu se poate realiza deoarece cleștele este ridicat !
-190	Operația de prelucrare nu se poate realiza deoarece cleștele este deschis !
-188	Operația de prelucrare nu se poate realiza deoarece una din unitățile de prelucrare este in poziție de lucru !
-187	Operația de prelucrare nu se poate realiza deoarece motorul mecanismului planetar de încărcare este activat !
-170	Operația de poziționare nu se poate realiza deoarece una din unitățile de prelucrare este in poziție de lucru.
-169	Operația de poziționare nu se poate realiza deoarece nu toate unitățile de prelucrare sunt in poziție retrasă !
-167	Operația de poziționare nu se poate realiza deoarece axa X nu este sincronizată și unitatea de marcare nu este in poziție exclusă !
-165	Operația de poziționare nu se poate realiza deoarece motorul mecanismului planetar de încărcare este activat !



-164	Operația de poziționare nu se poate realiza deoarece mecanismul planetar de încărcare blochează calea cu role !
-150	Operația de detectare a lungimii barei a eșuat deoarece nu s-a primit confirmare de la senzorul corespunzător !
-145	Operația de deplasarea până la primul senzor de citirea a lungimii barei a eșuat.
-140	Caruciorul nu este poziționat corespunzător la începutul ciclului de citire a lungimii barei.
-130	Au fost comandate mai multe comenzi de prelucrare simultan !
-120	Operația de prelucrare solicitată nu se poate realiza deoarece poziția căruciorului nu este corespunzătoare !
-45	Ciocnire a cleștelui !
-4	Fixați cuțitul !
675	Unitatea de poansonare comandată nu s-a poziționat în intervalul de timp prestabilit !
670	Unitatea de poansonare comandată nu a realizat operația impusa în timpul stabilit!
665	Unitatea de poansonare comandată nu s-a retras în intervalu de timp prestabilit!
660	Unitatea de marcare nu s-a poziționat în intervalul de timp prestabilit.
655	Sertarul de marcare solicitat nu a putut fi selectat în intervalul de timp solocitat !
650	Operația de tăiere nu s-a realizat în intervalul de timp prestabilit!
645	Retragerea cuțitului de taiere nu s-a realizat în intervalul de timp prestabilit !
195	Motorul pompei hidraulice nu este pornit !
190	Nu s-a primit confirmare de le motorul mecanismului de încărcare planetar !
50	Fixați cuțitul !
40	Eroare a axei X !
35	Eroare a moduluului 1 !
30	Eroare a moduluului 2 !
25	Eroare a moduluului 3 !
20	Eroare a moduluului 4 !
15	Eroare a moduluului de control al axei !
-5	Comandă externă ! Ciclu Hold !
-1	Auxiliarele nu sunt cuplate !

Meniul „Regim Manual”

Figura de mai jos prezintă ecranul destinat controlului mașinii în Regim Manual:





Elementele meniului Regim Manual sunt:

1. Buton deplasare clește pe axa X. Deplasarea în sensul „+” al axei se selectează apăsând tasta „F6”. Pentru selectarea sensului „-”, al axei se apasă tasta „F5”. Deplasarea în sensul dorit se realizează **ținând apăsată** tasta „X”.
2. Câmp care indică viteza de deplasare selectată pe sensul „+” al axei X.
3. Câmp care indică viteza de deplasare selectată pe sensul „-”, al axei X.
4. Câmp care indică viteza reală de deplasare pe axa X (măsurată în mm/min).
5. Câmp care afișează cota reală pe axa X (măsurată în mm).
6. Câmp care afișează eroarea de deplasare pe axa X (măsurată în mm).
7. Prin apăsarea acestuia se realizează tăierea piesei. Se activează apăsând tasta „T”.
8. Bara de reglare a vitezei – stabilește viteza de deplasare pe axa X, valabila atât pentru Regimul Manual cât și pentru Regimul Automat. Viteza se reglează prin intermediul butoanelor , activat cu tasta „F7” și , activat cu tasta „F8”;
9. Buton de poansonare cu poansonul nr. 5 la cota de sus. Se activează prin apăsarea tastei „O”.
10. Buton de poansonare cu poansonul nr 5 la cota de jos. Se activează prin apăsarea tastei „L”.
11. Buton de poansonare cu poansonul nr. 4 la cota de sus. Se activează prin apăsarea tastei „I”.
12. Casetă de dialog pentru programarea timpului de marcăre. Navigarea în dreapta acestei casete se realizează cu ajutorul tastei „M” sau „Tab”. Modificarea valorii timpului de marcăre se realizează de la tastatură. Valoarea timpului trebuie introdusă în secunde.
13. Buton de poansonare cu poansonul nr 4 la cota de sus Se activează prin apăsarea tastei „K”.
14. Buton activare unitate de marcăre 4. Se activează apăsând tasta „4”.
15. Buton activare unitate de marcăre 3. Se activează apăsând tasta „3”.
16. Buton activare unitate de marcăre 2. Se activează apăsând tasta „2”.
17. Buton activare unitate de marcăre 1. Se activează apăsând tasta „1”.

Formatted: Bullets and Numbering

Formatted: Bullets and Numbering

18. Bara de stare afișează starea curentă a mașinii. În cazul erorilor este afișată

imaginea  împreună cu mesajul de eroare aferent. Când mașina este în stare de funcționare este afișată imaginea .

19. Buton de poansonare cu poansonul nr. 2 la cota de jos. Se activează prin apăsarea tastei „S”.

20. Buton de poansonare cu poansonul nr. 2 la cota de sus. Se activează prin apăsarea tastei „W”.

21. Buton de poansonare cu poansonul nr. 1 la cota de sus. Se activează prin apăsarea tastei „A”.

22. Buton de poansonare cu poansonul nr. 1 la cota de sus. Se activează prin apăsarea tastei „Q”.

Închiderea ferestrei ecranului „Regim Manual” se realizează prin apăsarea tastei „Esc”.

Operațiile de prelucrare nu se realizează decât atunci când axa X este calibrată și cleștele este închis.

Ecranul "Afişare Programe Piesă"

Afişează toate programele piesă în scopul editării, sau a execuţiei.

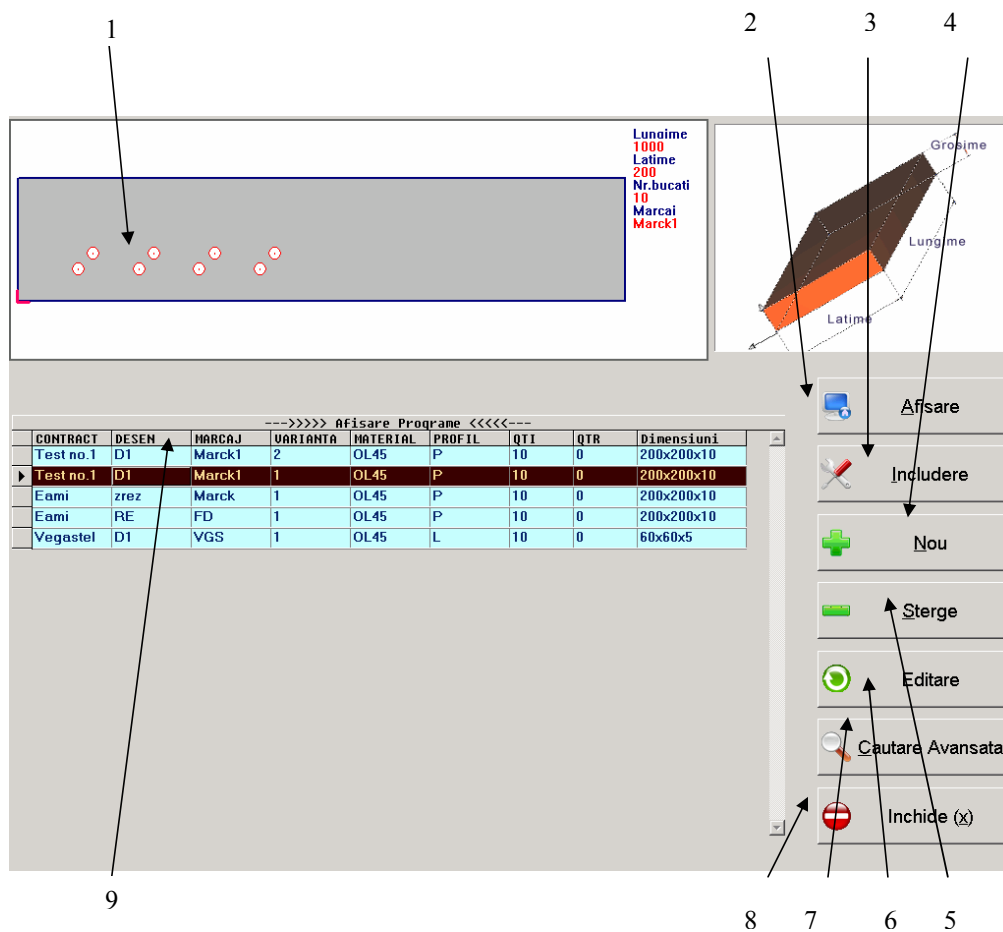
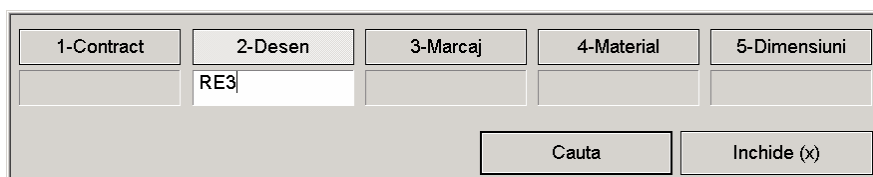


Figura 3 Ecranul "Afişare Programe Piesă"

1. Ecran care redă o reprezentare simbolică a piesei ce urmează a fi prelucrată. Acest ecran include o imagine cu dispunerea găurilor în funcție de axele X și Y și un câmp care afișează dimensiunile piesei, numărul de bucăți ce urmează a fi executate și tipul marcajului.
2. Buton „Afişare” – afișează operațiile programate în cadrul programului piesă selectat. Este activat prin apăsarea tastei „A” de la tastatură.

3. Buton „Includere” – accesează ecranul de Includere ce oferă posibilitatea introducerii mai multor programe piesă de-a lungul barei ce urmează a fi prelucrate. Butonul este activat prin apăsarea tastei „I” de la tastatură.
4. Buton „Nou” – deschide o fereastră de dialog în care se introduc caracteristicile unui nou program piesă. Se activează apăsând pe tasta „N” de la tastatură.
5. Buton „Șterge” – șterge din baza de date programul piesă selectat după confirmarea operației. Se activează apăsând tasta „S” de la tastatură.
6. Buton „Editare” – deschide o fereastră de dialog în care este posibilă editarea unui program piesă. Este activat prin apăsarea tastei „E” de la tastatură.
7. Buton „Căutare Avansată” – deschide o fereastră de dialog în care utilizatorul poate căuta un anumit program piesă după criteriul dorit (contract, desen, marcaj, material, dimensiuni).



1-Contract	2-Desen	3-Marcaj	4-Material	5-Dimensiuni	
	RE3				
				Cauta	Inchide (X)

Figura 4. Fereastra „Căutare Avansată”

Accesarea unuia din câmpuri se realizează apăsând tasta aferentă acestuia („1”, „2”, „3”, „4” sau „5”). Criteriul de căutare se activează apăsând tasta „Enter”. Pentru închiderea ferestrei de dialog se apasă tasta „X”.

8. Buton „Închidere” – închide ecranul „Afișare Program Piesă.” Se activează prin apăsarea tastei „X”.
9. Lista cu programele piesă prezente în baza de date. Atributele programelor piesă sunt: desen, marcaj, variantă, material, profil, cantitate inițială (QTI), cantitate rămasă (QTR), dimensiuni. Navigarea prin listă se realizează prin apăsarea tastelor sus (↑), jos (↓) de la tastatură. Se presupune că un program piesă este selectat atunci când rândul aferent acestuia își schimbă culoarea sau când în partea din stânga apare un simbol săgeată (▶). NU se pot selecta mai multe programe, NU se pot edita direct atributele programului piesă.

Ecranul „Program Piesă”

Formatted: Bullets and Numbering

Este activat din ecranul „Afișare Programe Piesă” și redă programul piesă selectat în vederea editării, vizualizării și verificării acestuia.

The screenshot shows a software window titled "Selectare Programe" with a close button (X) in the top right corner. The window is divided into several sections:

- 1:** A graphical area showing a top-down view of a part with several red circles indicating specific points or features.
- 2:** A metadata section containing fields for Contract (Test no.1), Desen (D1), Marcare (Marck1), Varianta (2), and Lungime (1000).
- 3:** A section for Material (OL45), QTI (10), Profil (P), and Dim (1000x200x10).
- 4:** Two buttons: "Sterge Linie" (Delete Line) and "O Noua linie" (New Line).
- 6:** A table with the following data:

Linie	Parte	Diametru	Cota X	Cota Y	Operatie
Linia 1	DB	10.0	100.000	50.000	POANSONARE
Linia 2	DB	10.0	125.000	75.000	POANSONARE
Linia 3	DB	10.0	200.000	50.000	POANSONARE
Linia 4	DB	10.0	225.000	75.000	POANSONARE
Linia 5	DB	10.0	300.000	50.000	POANSONARE
Linia 6	DB	10.0	325.000	75.000	POANSONARE
Linia 7	DB	10.0	400.000	50.000	POANSONARE
Linia 8	DB	10.0	425.000	75.000	POANSONARE
Linia 9	DB	20.0	450.000	100.000	POANSONARE
Linia 10	DB	20.0	480.000	180.000	POANSONARE
- 7:** A bottom bar with the text "Afisare detalii" and a button "Inchide(x)" with a red circle and X icon.

Figura 5 Ecranul „Program Piesă”

Fereastra este structurată după cum urmează:

1. În partea superioară a ferestrei este reprezentată sub o forma grafică piesa care rezultă în urma execuției programului piesă. În această zonă sunt evidențiate folosind culoarea roșie toate elementele care rezultă în urma prelucrării. Dacă se selectează din lista (7) una din liniile

programului, elementul care va rezulta în urma execuției liniei de program va fi reliefat folosind o cruciuliță de culoare neagră.

2. În partea dreaptă sunt afișate informații despre program (contract, desen, marcaj, varianta programului) și despre semifabricatul folosit pentru realizarea piesei (materialul din care va fi executat reperul, tipul de reper, cornier sau placă, profilul reperului, cantitatea de repere care trebuie executată).
3. Buton ce realizează ștergerea unei linii din programul piesă. Este activat prin apăsarea tastei „S” de la tastatură.
4. Buton ce introduce o nouă linie în programul piesă. Se activează prin apăsarea tastei „N” de la tastatură. După activarea butonului o nouă linie va apărea în lista (7) în care utilizatorul va introduce caracteristicile operației ce urmează a fi executate în linia respectivă (latura profilului, cota X, cota Y, tipul operației).
5. Buton de închidere a meniului. Se activează prin apăsarea tastei „X” de la tastatură sau „ESC”
6. Listă în care sunt afișate toate liniile programului piesă. Fiecare linie conține următoarele câmpuri:
 - „Parte” –specifică latura profilului pe care va fi efectuată prelucrarea. („DA” sau „DB” sau pe ambele „DA+DB”)
 - „Diametru”- Diametrul sculei cu care se va efectua prelucrarea.
 - „Cota X” – Cota pe axa X la care se va realiza operația.
 - „Cota Y”. Cota pe axa Y la care se va realiza operația.
 - „Operație”- câmp prin care se exprimă tipul de execuție la care se referă linia de program. Operațiile ce pot fi selectate de către utilizator sunt: marcare, poansonare, iar ulterior operația de tăiere se realizează automat.

Pentru introducerea sau modificarea unor valori afișate în listă se va selecta mai întâi un câmp al listei, apoi se va apăsa tasta „F4” după care se va introduce folosind tastatura valoarea câmpului. Pentru confirmarea valorii introduse se va apăsa tasta „Enter”. Pentru a renunța la modificările făcute se apasă tasta „ESC”

Dacă a fost introdusă o valoare greșită în unul din câmpuri lista (6) va fi afișată cu culoarea portocaliu și bara de stare (7) va afișa un mesaj de eroare.

Linie	Parte	Diametru	Cota X	Cota Y	Operatie
Linia 1	DB	10.0	100.000	50.000	POANSONARE
Linia 2	DB	10.0	125.000	75.000	POANSONARE
Linia 3	DB	10.0	200.000	50.000	POANSONARE
Linia 4	DB	10.0	225.000	75.000	POANSONARE
Linia 5	DB	10.0	300.000	50.000	POANSONARE
Linia 6	DB	10.0	325.000	75.000	POANSONARE
Linia 7	DB	10.0	400.000	50.000	POANSONARE
Linia 8	DB	10.0	425.000	75.000	POANSONARE
Linia 9	DB	20.0	450.000	100.000	POANSONARE
Linia 10	DB	20.0	600.000	210.000	POANSONARE

Contract: Test no.1 Material: OL45
 Desen: D1 QTI: 10
 Marcare: Marck1 Profil: P
 Varianta: 2 Dim: 1000x200x10
 Lungime: 1000 Sterge Linie O Noua linie

Valoarea cotai Y trebuie sa fie intre anumite valori: (Y < (1 + DIAMETRU / 2)) Or (Y > 200 - (DIAMETRU / 2 + 1))

Figura 6 Bară de stare ce afișează erorile din programul piesă

Formatted: Bullets and Numbering

Crearea unui nou program piesă

În ecranul „Afișare Program Piesă” prin apăsarea butonului „Nou” (tasta „N” de la tastatură) se va activa ecranul „Piesă Nouă” în care este posibilă crearea unui program piesă nou.

Contract: Contract QTI: 10
 Varianta: 1 QTR:
 Desen: Desen
 Marcaj: Marck
 Material: OL45
 Profil: 0
 Grosime: 10
 Lungime: 200
 Latime: 200

Introducere Inhide

Dimensiuni minime P: 35x35x3
 Dimensiuni maxime P: 1250x750x25 sau 4000x600x40
 Dimensiuni minime L: 40x40x4
 Dimensiuni maxime L: 250x250x40

Figura 7 Ecranul „Program nou”

În câmpurile din stânga (1) se introduc atributele piesei ce urmează a fi prelucrată. Navigarea între câmpuri se realizează cu tasta „Tab”. Cantitatea ce urmează a fi prelucrată este introdusă în câmpul (2) – QTI. Cantitatea rămasă este afișată în câmpul QTR. În cazul pieselor noi cantitatea inițială este egală cu cantitatea rămasă.

Câmpul (3) afișează imaginea profilului piesei de prelucrat. Mașina oferă posibilitatea prelucrării următoarelor profile: P, U, L

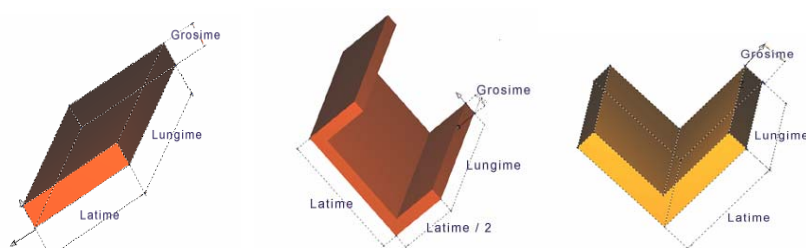


Figura 8 Profiluri accesibile

Câmpul (5) din partea inferioară a ecranului afișează un text informativ cu dimensiunile maxime și minime ale profilelor.

Acceptarea noului program piesă se realizează prin apăsarea butonului (6) – „Introducere” – tasta „Enter”. Anularea se realizează prin apăsarea butonului (4) – „Ieșire” – tasta „Esc” sau „X”.

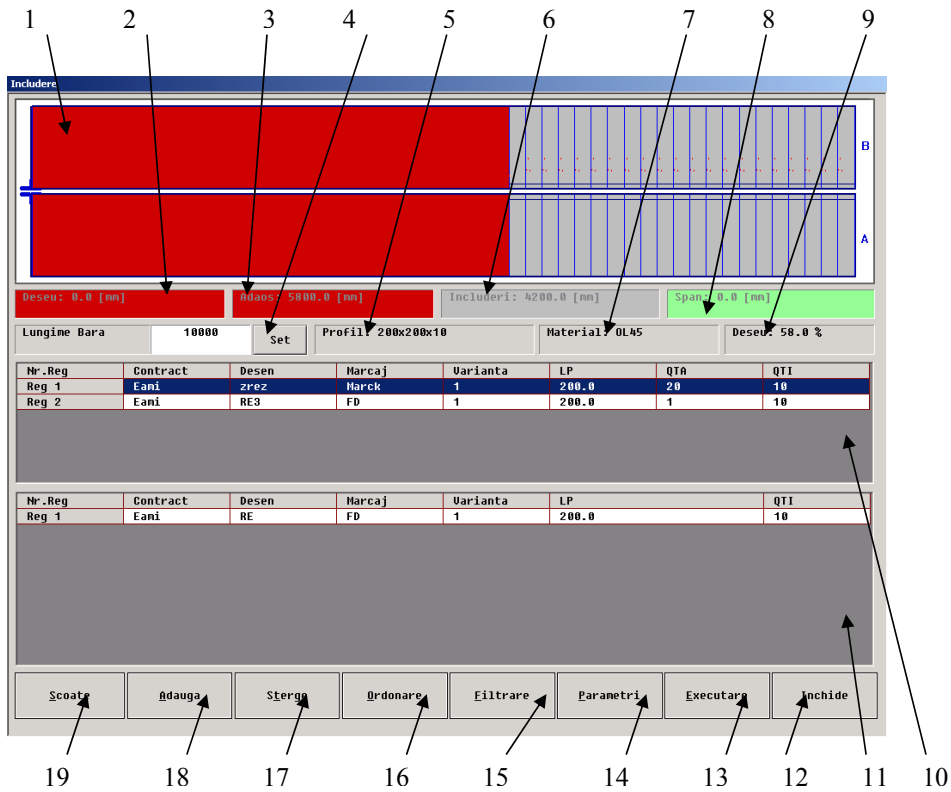
Ecranul „Includere”

Figura 9 Ecranul „Includere”

Ecranul „Includere” oferă posibilitatea introducerii mai multor piese de-a lungul barei ce urmează a fi prelucrate.

În partea superioară a ferestrei există o zonă (2.8.1) în care este reprezentată bara pe care se va face includerea. Pe măsură ce se introduc piese pe bară acestea vor fi reprezentate în această zonă. În figură șpanul este reprezentat folosind culoarea verde iar adaosul și deșeu folosind culoarea roșie. Zona din bară ocupata de piese „includere” va fi reprezentată folosind culoarea gri.

Se pot observa în partea de sus a figurii câmpurile în care sunt afișate valorile respective (2.8.2), (2.8.3), (2.8.8). Lungimea totală a pieselor incluse pe bară este afișată în câmpul (2.8.6) „Includeri”.

În lista (11) prezentă în partea inferioară a ferestrei sunt afișate toate programele care au același tip de profil și același material ca și programul care a fost selectat atunci când

s-a accesat fereastra „Includeri”. Sunt excluse din start programele incorecte. În câmpurile (2.8.5), (2.8.7) și (2.8.9) sunt afișate informații despre profilul și materialul barei.

Lista (2.8.10) situată în partea superioară a ferestrei va conține toate programele piesă care vor fi incluse pe bară.

Pentru a adăuga un program în lista pieselor de pe bară se va apăsa „**Enter**” pe linia corespunzătoare programului din lista pieselor (11) sau se va apăsa butonul (2.8.18) („Aadaugă” – tasta „A” de la tastatură).

Pentru a realiza operația inversă, adică operația de eliminare a unui program conținut pe bară se va apăsa „**Enter**” pe linia corespunzătoare programului din lista pieselor conținute pe bară (2.8.10) sau se va apăsa butonul (19) („Scoate” – tasta „S” de la tastatură).

Programele conținute în cele două liste pot fi identificate după câmpurile „Contract”, „Marcaj”, „Desen”, „Varianta”. Cele două liste prezintă o coloană „Lp” în care este afișată lungimea profilului corespunzător piesei ce va rezulta în urma execuției programului piesă.

Atât liniile corespunzătoare programelor conținute în lista pieselor care sunt incluse pe bară cât și cele care nu sunt incluse pe bară prezintă un câmp QTI a cărui valoare corespunde numărului de bucăți care trebuie executate din piesa respectivă.

Liniile din lista programelor ce vor fi incluse pe bară (10) prezintă suplimentar un câmp QTA prin care se specifică numărul de bucăți din piesa corespunzătoare programului piesă incluse pe bară. Pentru a modifica valoarea QTA corespunzătoare unui program se va selecta programul din lista pieselor ce vor fi incluse pe bară și apoi se va apăsa tasta „F4”.

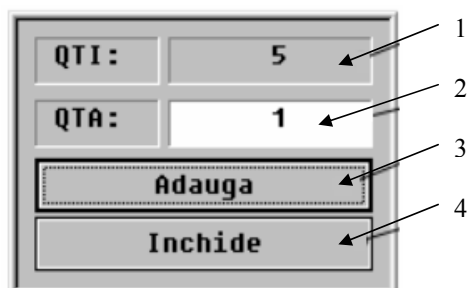


Figura 10

Se va introduce în câmpul (2.9.2) „QTA” valoarea dorită și apoi se va apăsa pe butonul (2.9.3) „Aadaugă” pentru a modifica numărul de piese incluse pe bară. Dacă se dorește renunțarea la această operație se va apăsa pe butonul (2.9.4) „Închide”. În câmpul

„QTA” (2.9.1) utilizatorul este informat despre numărul de bucăți care mai trebuie executate din piesa aleasă.

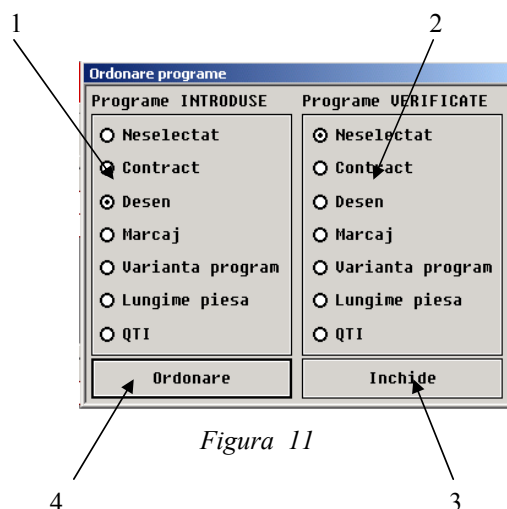


Figura 11

Pentru a ordona programele din cele două liste se va apăsa butonul (2.8.16) „Ordonare”. Se va afișa fereastra prezentată în figura de mai sus. În zona (2.10.1) „Programe INTRODUSE” se selectează câmpul după care se face ordonarea în lista programelor incluse pe bară (2.10.4). În zona (2.10.2) „Programe VERIFICATE” se selectează câmpul după care se face ordonarea (2.10.4) în lista programelor care nu au fost incluse pe bară. După introducerea criteriului de ordonare se va apăsa pe butonul „Ordonare” pentru a efectua ordonarea programelor sau se va renunța la aceasta operație prin apăsarea butonului „Închide”.

Navigarea în câmpul de selectare se realizează cu ajutorul săgeților **sus/jos** de la tastatură sau cu tasta „**Tab**”.



Contract	Varianta
Desen	Lungime
RE3	
Marcaj	QTI
Cauta	Inchide

Figura 12

Utilizatorul poate filtra programele afișate în lista programelor care nu au fost incluse pe bara prin apăsarea butonului „Filtrare” (2.8.15). Prin efectuarea acestei acțiuni se va deschide fereastra „Filtrare programe” prezentată în figura 2.11. În cadrul acestei ferestre operatorul va selecta unul din butoanele corespunzătoare câmpurilor cu ajutorul tastelor aferente („1”, „2”, „3”, „4”, „5” sau „6”) după care se face filtrarea și apoi va introduce criteriul de filtrare în câmpul de sub butonul activat. Pentru efectuarea filtrării se va apăsa pe butonul „Filtrare” pentru renunțare se va apăsa pe butonul „Închide”.

Ecranul „Regim Automat”

Formatted: Bullets and Numbering

În urma includerii pieselor pe bară, în ecranul „Includere”, se apasă butonul (2.12.13) – Executare – tasta „E”

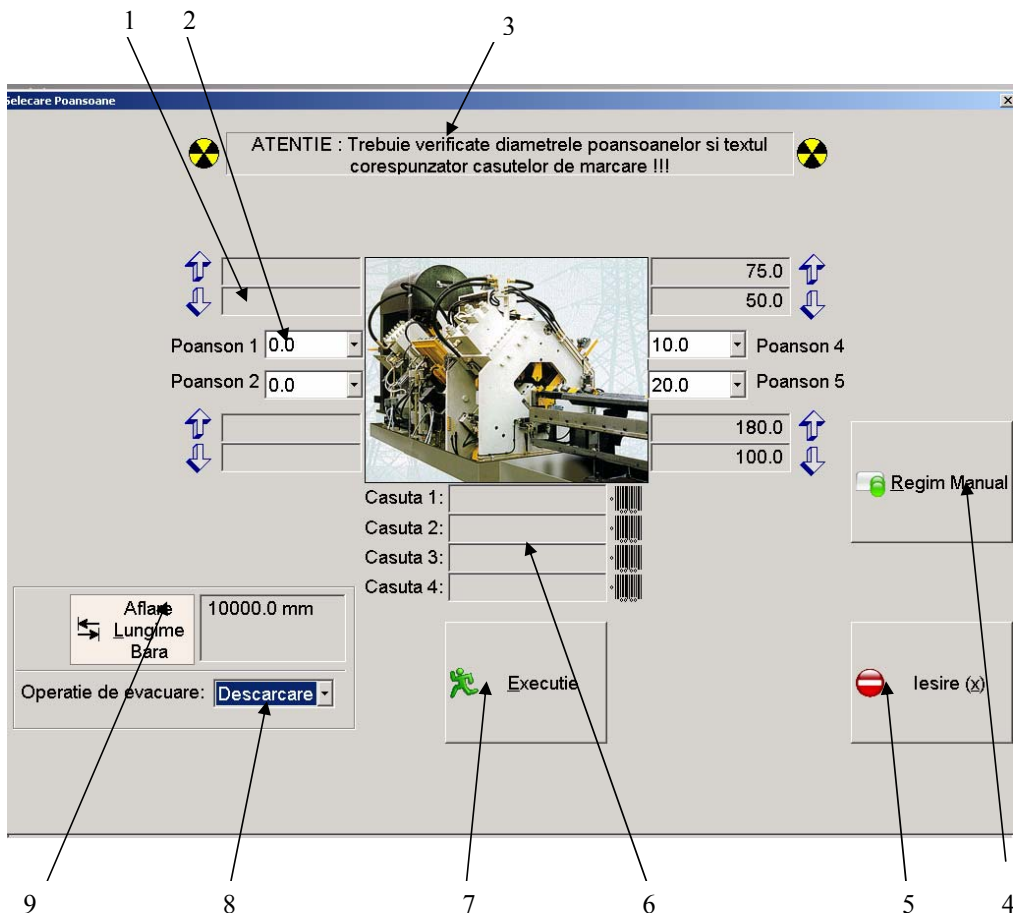


Figura 13 Ecranul „Regim automat”

Caseta text (2.12.3) din partea superioară a ecranului anunță operatorul să verifice starea mașinii înainte de activarea comenzii de execuție.

Câmpurile din stânga, respectiv dreapta imaginii (2.12.2) oferă posibilitatea selectării diametrelor unităților de poansonare. Selectarea operației de evacuare se realizează în câmpul (8). Navigarea între aceste câmpuri este posibilă cu ajutorul tastei „Tab”. Selectarea propriu-zisă se realizează prin intermediul săgeților „sus/jos” de la tastatură.

Câmpurile (2.12.1) afișează în milimetri cotele reale ale unităților de poansonare. Câmpurile (2.12.6) afișează textul corespunzător căsuțelor de marcare. Acesta trebuie modificat manual pe mașină.

Câmpul (2.12.9) afișează lungimea barei, introdusă de utilizator. ATENȚIE: aceasta nu este lungimea reală a barei. Butonul aferent câmpului (2.12.9) afișează lungimea reală a barei. Este activat prin apăsarea tastei „L”. Trecerea la Regim Manual se realizează cu ajutorul butonului (2.12.4) – tasta „M”. Butonul (2.12.5) realizează ieșirea din acest ecran. Se activează apăsând tasta „X”. Comanda de execuție este activată prin apăsarea butonului (7) – tasta „E”. În timpul execuției va apărea următorul ecran:

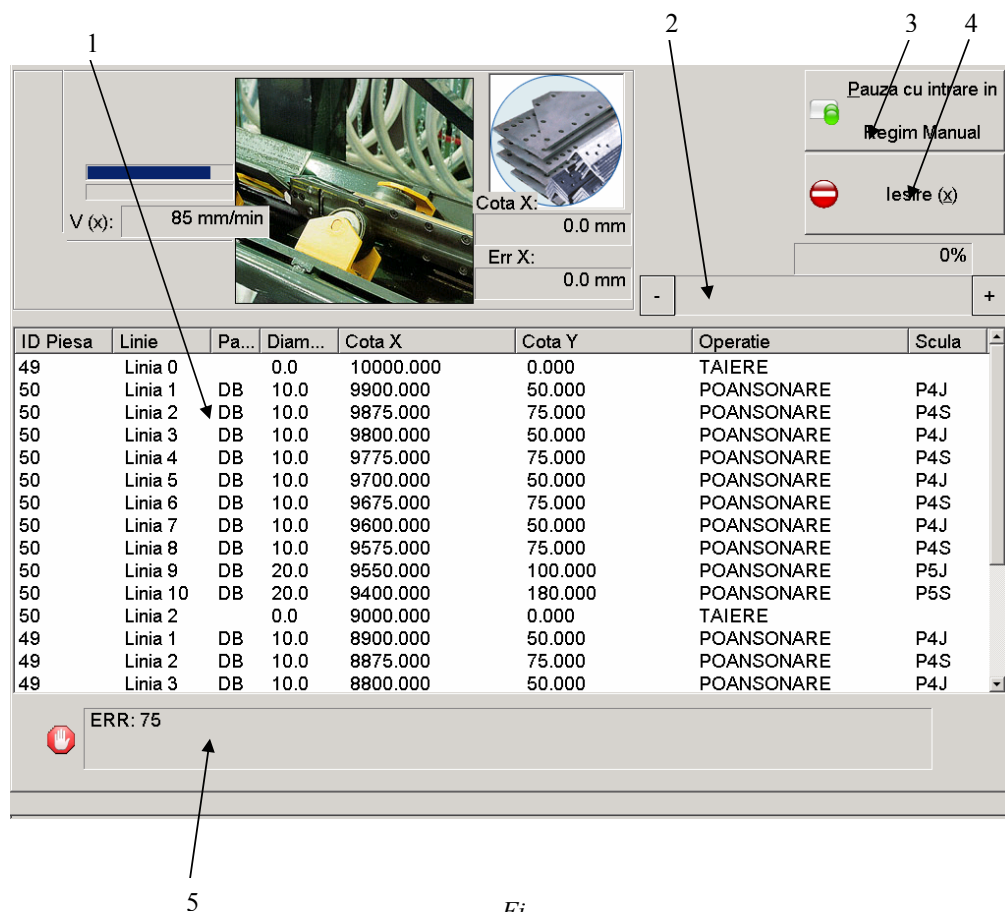




figura 14. Fereastră afișată în timpul execuției automate

Lista (2.13.1) afișează secvențele tehnologice urmate în timpul execuției.

Trecerea la regim manual se realizează cu ajutorul butonului (2.13.3) prin apăsarea tastei „P”.

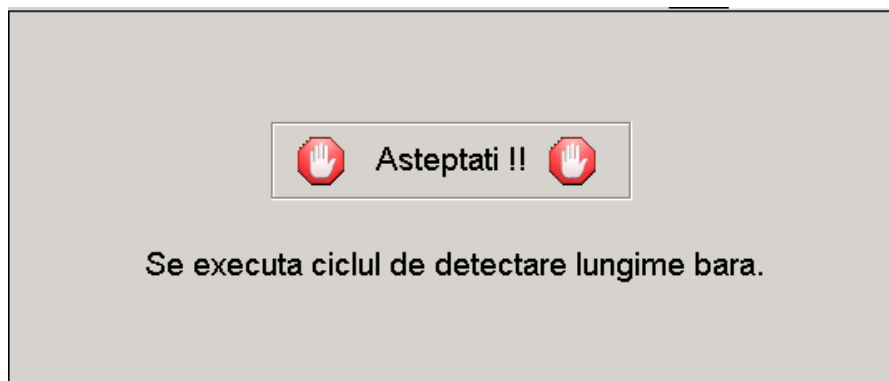
Reglarea vitezei de deplasare pe axa X – bara (2.13.2) – se realizează prin intermediul

butoanelor , activat cu tasta „F7” și , activat cu tasta „F8”.

Erorile ce pot interveni în cursul execuției sunt afișate în câmpul (2.13.5) din partea inferioară a ecranului.

La terminarea ciclului automat ecranul se închide cu ajutorul butonului (2.13.4) – tasta „X” de la tastatură.

Ciclul de aflare lungime bară va fi semnalizat în timpul execuției prin apariția următorului ecran:



Sistem software de comanda a liniilor de prelucrare prin gaurire

1	Descrierea interfeței om – mașină a liniei de burghiat profile metalice L.F.B. 120 - 54303	
1.1	Meniul principal	303
1.2	Ecranul „Regim Manual”	305
1.3	Ecranul „Afișare programe piesă”	309
1.4	Ecranul „Program Piesă”	312
1.5	Crearea unui nou program piesă	314
1.6	Ecranul „Includere”	315
1.7	Ecranul de Setare Executie	318
1.8	Ecranul „Regim Automat”	319
1.9	Ecranul „Raportare Probleme”	321
1.10	Lista Errori Masina	322

DESCRIEREA INTERFEȚEI OM – MAȘINĂ A LINIEI DE BURHIAT PROFILE METALICE L.F.B. 120 - 54

Interfața concepută oferă posibilitatea de a controla mașina cu ușurință în regim automat și manual.

În urma încărcării serverului și a bazelor de date va apărea pe ecran fereastra cu meniul principal al aplicației.

13.2 Meniul principal

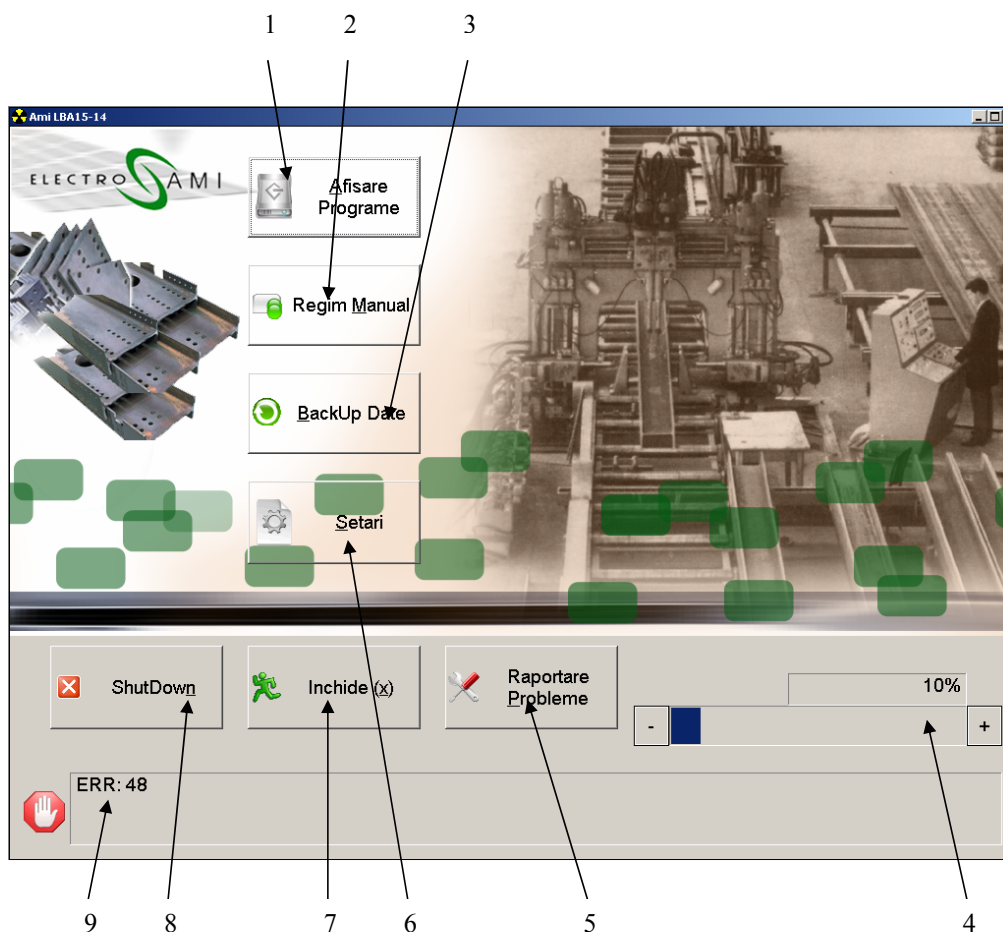






Figura 2.2 Ecranul „Meniu Principal”

Elementele meniului principal sunt:

8. Butonul „Afișare Programe” – inițializează un ecran ce conține toate programele piesă din baza de date. Se activează prin apăsarea tastei „A” de la tastatură;
9. Butonul „Regim Manual” – accesează fereastra de control în regim manual al mașinii. Se activează prin apăsarea tastei „M” de la tastatură;
10. Butonul „BackUp Date” – realizează o copie a bazelor de date într-o locație sigură din memoria calculatorului, în scopul evitării pierderii de informații. Se activează prin apăsarea tastei „B”;
11. Bara de reglare a vitezei – stabilește viteza de deplasare pe axa X, valabila atât pentru Regimul Manual cat si pentru Regimul Automat. Viteza se reglează prin intermediul butoanelor , activat cu tasta „F7” și , activat cu tasta „F8”;
12. Butonul „Raportare Probleme” accesează un meniu în care operatorul poate scrie de la tastatură problemele ce apar în timpul folosirii mașinii în vederea depanării. Este activat prin apăsarea tastei „P”;
13. Butonul „Setări” deschide un ecran în care se pot face modificări generale asupra funcționării mașinii. Se activează prin apăsarea tastei „S”;
14. Butonul „Închide” – închide aplicația. Se activează prin apăsarea tastei „X” de la tastatură;
15. Butonul „Shut Down” – oprește calculatorul în scopul deconectării mașinii. Se activează prin apăsarea tastei „N” de la tsatură;
16. Bara de stare – afișează starea curentă a mașinii. În cazul erorilor este afișată imaginea  împreună cu un mesaj de eroare în câmpul alăturat. Când mașina este în stare de funcționare bara de stare afișează butonul  .

13.3 Ecranul „Regim Manual”

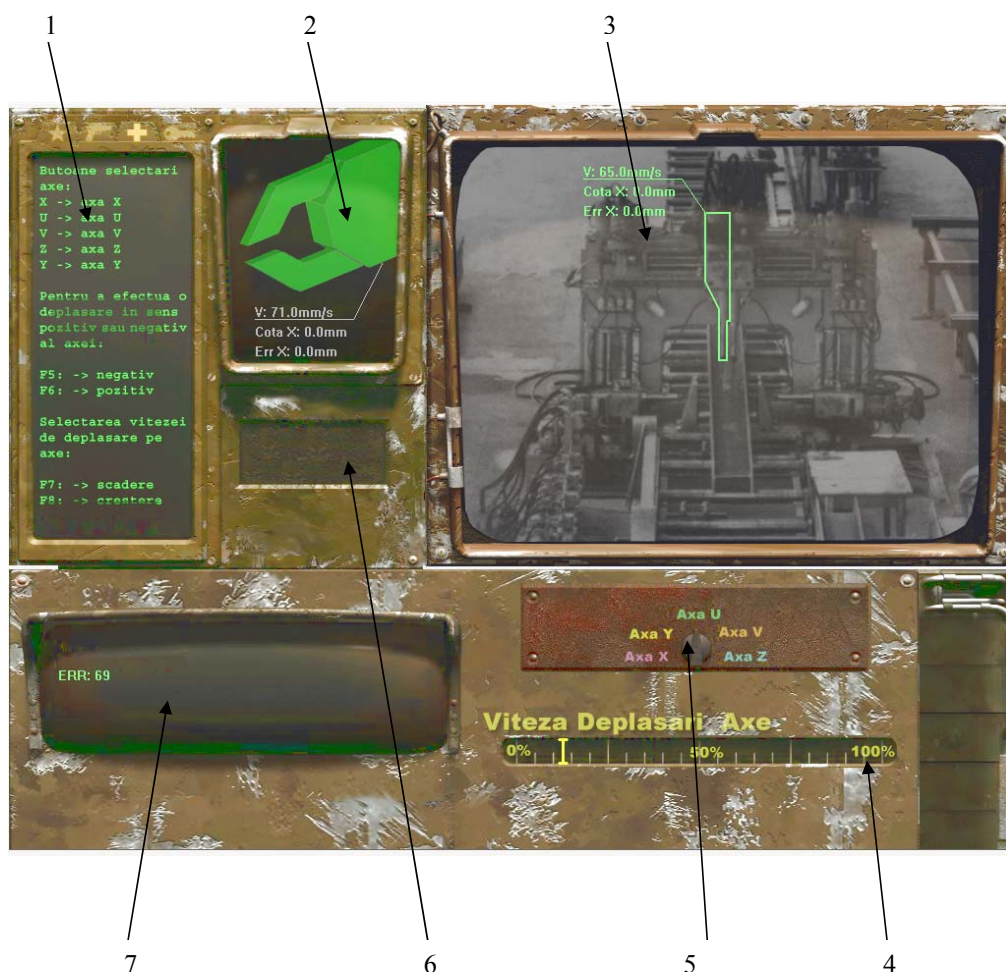


Figura 2.3 Ecranul „Regim Manual”

Câmpul (1.3.1) afișează cele mai uzuale taste folosite pentru controlul mașinii în regim manual (selectarea axelor, selectarea sensului de deplasare a axelor, reglarea vitezei de deplasare a axelor).

Câmpul (1.3.2) afișează informații despre starea curentă a cleștelui – viteza de deplasare, cota pe axa X, eroarea pe axa X.

Câmpul (1.3.3) afișează starea curentă a unităților de burghiere. În funcție de unitatea selectată, în dreptul acesteia va fi afișată viteza de deplasare, cota, eroarea la cotă, sensul de deplasare.

Bara de stare (1.3.4) indică viteza de deplasare a axei selectate.

La deschiderea ecranului „Regim Manual” este selectată implicit Axa U. Cu ajutorul butonului (1.3.5) se selectează axa dorită. Selectarea axelor se realizează prin apăsarea tastelor aferente acestora „X”, „Y”, „U”, „V”, „Z”.

Deplasarea axelor în sens pozitiv și negativ se realizează cu ajutorul tastelor „F6” respectiv „F5”.

Modificarea vitezei de deplasare se realizează prin apăsarea tastelor „F7”, pentru micșorare, respectiv „F8” pentru creșterea vitezei.

În cursul deplasării uneia din axe, câmpul (1.3.3) se va modifica corespunzător. Acesta va afișa și sensul de deplasare al axei respective (Figura 1.4).

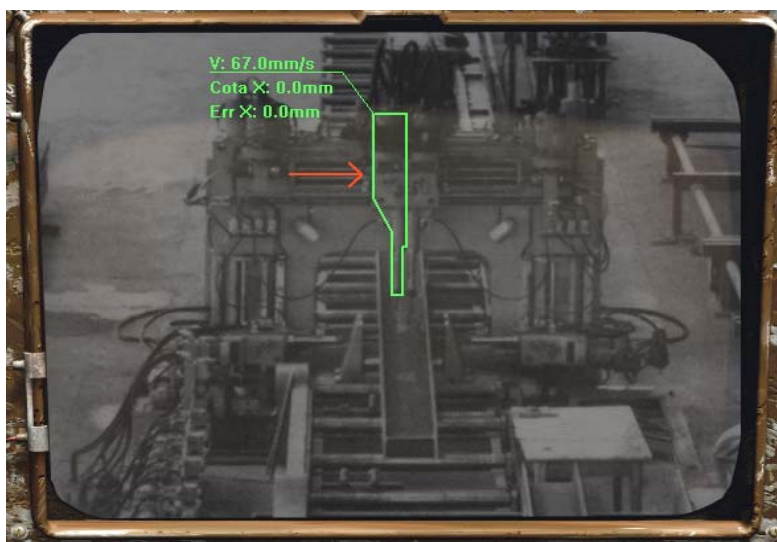


Figura 2.4 Afișarea sensului de deplasare

În câmpul (1.3.6) când este selectată axa X va apărea un text care afișează acest lucru. Sensul de deplasare al axei X va fi afișat în același câmp.



Figura 2.5 Afișare Axa X

Câmpul (1.3.7) afișează erorile ce apar în cursul funcționării mașinii.

Ecranul „Regim Manual” oferă posibilitatea vizualizării în câmpul (1.3.3) a tuturor cotelor unităților de burghiere sau a cotelor unităților de burghiere active (Fig 1.6, 1.7).

Pentru afișarea tuturor cotelor se apasă tasta „A” iar pentru afișarea cotelor active se apasă din nou tasta „A”.

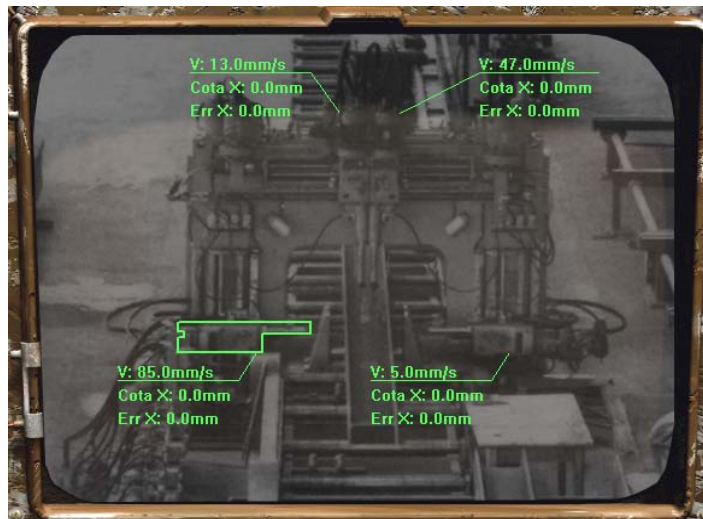


Figura 2.6 Afișare toate cotele

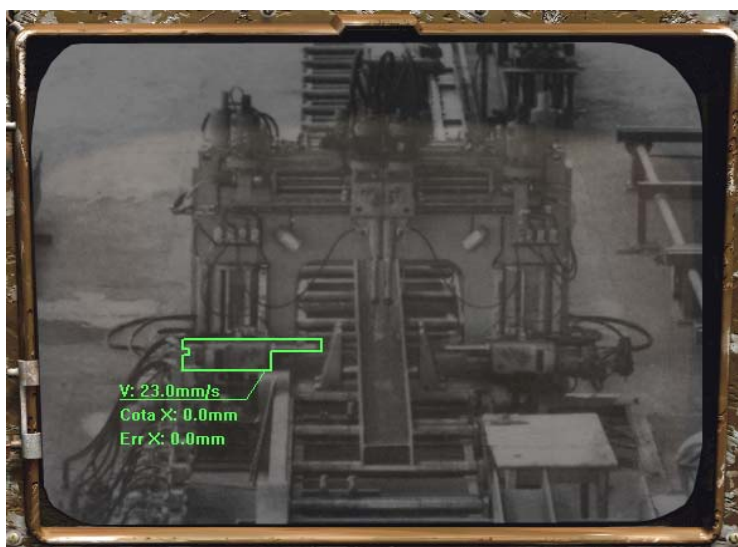


Figura 2.7 Afişare cote active

13.4 Ecranul „Afișare programe piesă”

Afișează toate programele piesă în scopul editării, sau a execuției.

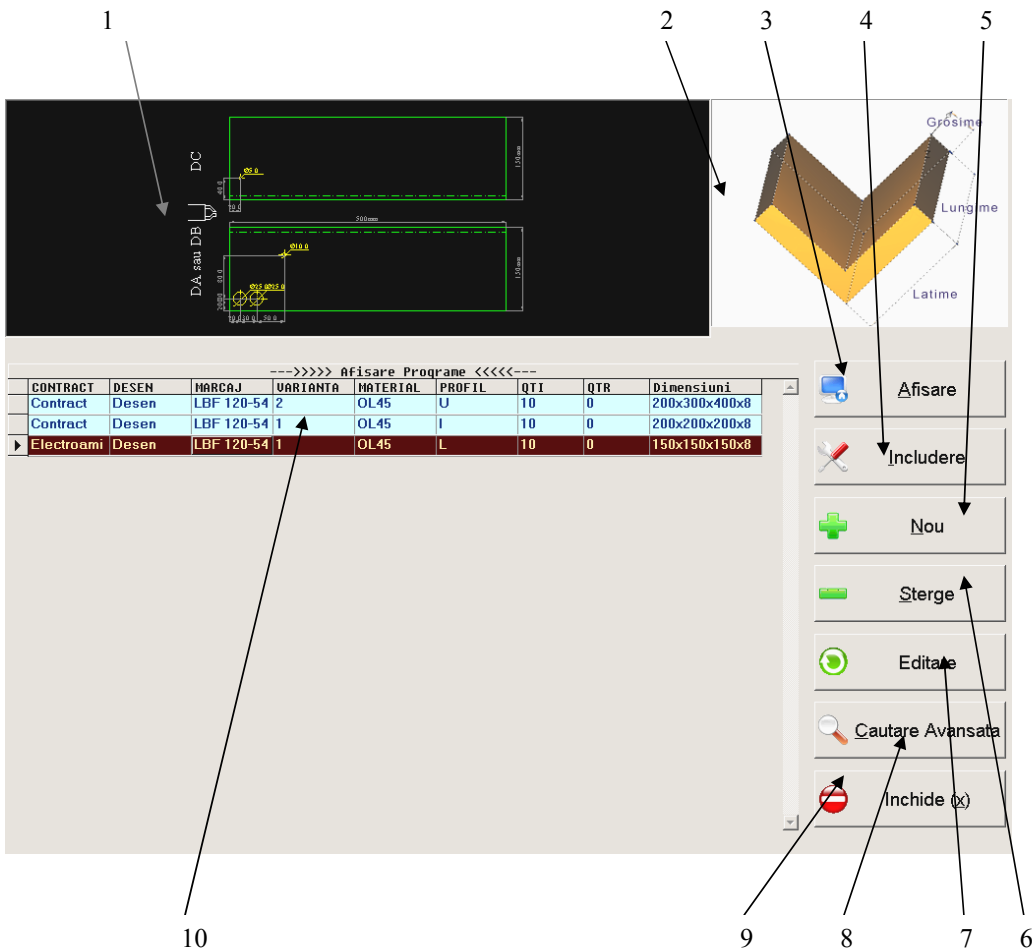


Figura 2.8 Ecranul „Afișare programe piesă”

10. Ecran care redă o reprezentare simbolică a piesei ce urmează a fi prelucrată. Acest ecran include o imagine cu dispunerea găurilor în funcție de axele X și Y și dimensiunile piesei ce rezultă în urma prelucrării. Operatorul are posibilitatea de a mări sau micșora această imagine în scopul unei vizualizări

mai detaliate cu ajutorul tastelor „F5” și „F6”. În urma măririi imaginea se poate mișca cu ajutorul săgeților de la tastatură;

11. Câmpul afișează imaginea profilului piesei de prelucrat. Mașina oferă posibilitatea prelucrării următoarelor profiluri:
 - Profil I;
 - Profil U;
 - Profil L;
 - Profil H;
 - Profil T;
12. Buton „Afișare” – afișează operațiunile în cadrul programului piesă selectat. Este activat prin apăsarea tastei „A” de la tastatură.
13. Buton „Includere” – accesează ecranul de Includere ce oferă posibilitatea introducerii mai multor programe piesă de-a lungul barei ce urmează a fi prelucrate. Butonul este activat prin apăsarea tastei „I” de la tastatură.
14. Buton „Nou” – deschide o fereastră de dialog în care se introduc caracteristicile unui nou program piesă. Se activează apăsând pe tasta „N” de la tastatură.
15. Buton „Șterge” – șterge din baza de date programul piesă selectat după confirmarea operațiunii. Se activează apăsând tasta „S” de la tastatură.
16. Buton „Editare” – deschide o fereastră de dialog în care este posibilă editarea caracteristicilor unui program piesă cât și a cantității rămase (QTR) de executat. Este activat prin apăsarea tastei „E” de la tastatură.
17. Buton „Căutare Avansată” – deschide o fereastră de dialog în care utilizatorul poate căuta un anumit program piesă după criteriul dorit (contract, desen, marcaj, material, dimensiuni).

1-Contract	2-Desen	3-Marcaj	4-Material	5-Dimensiuni	
	RE3				
				Cauta	Inchide (x)

Figura 2.9 Ecranul „Căutare avansată”

Accesarea unuia din câmpuri se realizează apăsând tasta aferentă acestuia („1”, „2”, „3”, „4” sau „5”). Criteriul de căutare se activează apăsând tasta „Enter”. Pentru închiderea ferestrei de dialog se apasă tasta „X”.

18. Buton „Închidere” – închide ecranul „Afișare Program Piesă.” Se activează prin apăsarea tastei „X”.
19. Lista cu programele piesă prezente în baza de date. Atributele programelor piesă sunt: desen, marcaj, variantă, material, profil, cantitate inițială (QTI), cantitate rămasă (QTR), dimensiuni. Navigarea prin listă se realizează prin apăsarea tastelor „Page Up” și „Page Down” de la tastatură. Se presupune că un program piesă este selectat atunci rândul aferent acestuia își schimbă culoarea sau când în partea din stânga apare un simbol săgeată (▶). NU se pot selecta mai multe programe, NU se pot edita direct atributele programului piesă

13.5 Ecranul „Program Piesă”

Este activat din ecranul „Afișare Programe Piesă” și redă programul piesă selectat în vederea editării, vizualizării și verificării acestuia.

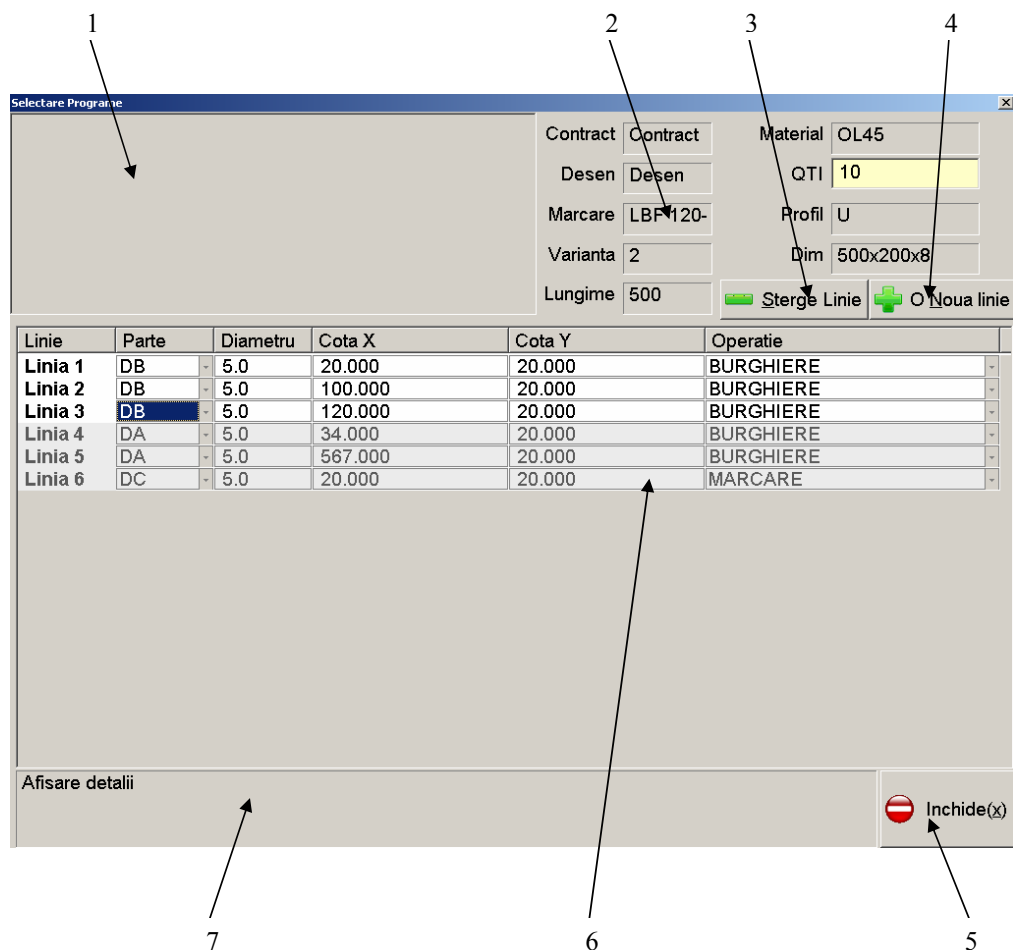


Figura 2.10 Ecranul „Program Piesă”

Fereastra este structurată după cum urmează:

- În partea superioară a ferestrei este reprezentată sub o formă grafică piesa care rezultă în urma execuției programului piesă.

8. În partea dreaptă sunt afișate informații despre program (contract, desen, marcaj, varianta programului) și despre semifabricatul folosit pentru realizarea piesei (materialul din care va fi executat reperul, tipul de reper, cornier sau placă, profilul reperului, cantitatea de repere care trebuie executată).
9. Buton ce realizează ștergerea unei linii din programul piesă. Este activat prin apăsarea tastei „S” de la tastatură.
10. Buton ce introduce o nouă linie în programul piesă. Se activează prin apăsarea tastei „N” de la tastatură. După activarea butonului o nouă linie va apărea în lista (6) în care utilizatorul va introduce caracteristicile operației ce urmează a fi executate în linia respectivă (latura profilului, cota X, cota Y, tipul operației).
11. Buton de închidere a meniului. Se activează prin apăsarea tastei „X” de la tastatură sau „ESC”
12. Listă în care sunt afișate toate liniile programului piesă. Fiecare linie conține următoarele câmpuri:
 - „Parte” –specifică latura profilului pe care va fi efectuată prelucrarea. („DA” sau „DB” sau pe ambele „DA+DB”)
 - „Diametru”- Diametrul sculei cu care se va efectua prelucrarea.
 - „Cota X” – Cota pe axa X la care se va realiza operația.
 - „Cota Y”. Cota pe axa Y la care se va realiza operația.
 - „Operație”- câmp prin care se exprimă tipul de execuție la care se referă linia de program. Operațiile ce pot fi selectate de către utilizator sunt: marcare, poansonare, iar ulterior operația de tăiere se realizează automat.

Pentru introducerea sau modificarea unor valori afișate în listă se va selecta mai întâi un câmp al listei, apoi se va apăsa tasta „F4” după care se va introduce folosind tastatura valoarea câmpului. Pentru confirmarea valorii introduse se va apăsa tasta „Enter”. Pentru a renunța la modificările făcute se apasă tasta „ESC”

Dacă a fost introdusă o valoare greșită în unul din câmpuri lista (6) va fi afișată cu culoarea portocaliu și bara de stare (7) va afișa un mesaj de eroare.
7. Bară de stare ce afișează erorile din programul piesă.

13.6 Crearea unui nou program piesă

În ecranul „Afișare Program Piesă” prin apăsarea butonului „Nou” (tasta „N” de la tastatură) se va activa ecranul „Piesă Nouă” în care este posibilă crearea unui program piesă nou.

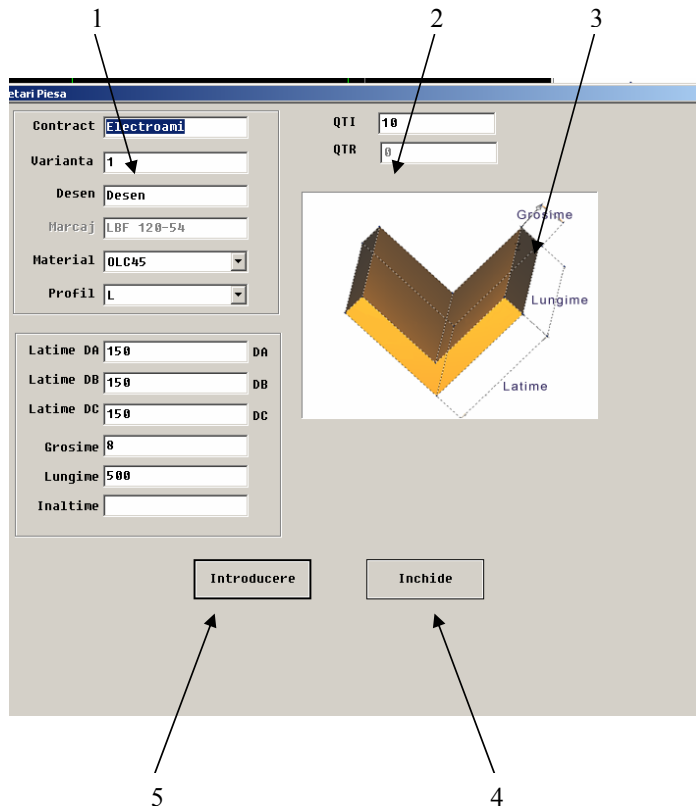


Figura 2.11 Ecranul „Piesă Nouă”

În câmpurile din stânga (2.11.1) se introduc atributele piesei ce urmează a fi prelucrată. Navigarea între câmpuri se realizează cu tasta „Tab”. Cantitatea ce urmează a fi prelucrată este introdusă în câmpul (2.11.2) – QTI. Cantitatea rămasă este afișată în câmpul QTR. În cazul pieselor noi cantitatea inițială este egală cu cantitatea rămasă.

Câmpul (2.11.3) afișează imaginea profilului piesei de prelucrat.

Acceptarea noului program piesă se realizează prin apăsarea butonului (2.11.5) – „Introducere” – tasta „Enter”. Anularea se realizează prin apăsarea butonului (2.11.4) – „Ieșire” – tasta „Esc” sau „X”.

13.7 Ecranul „Includere”

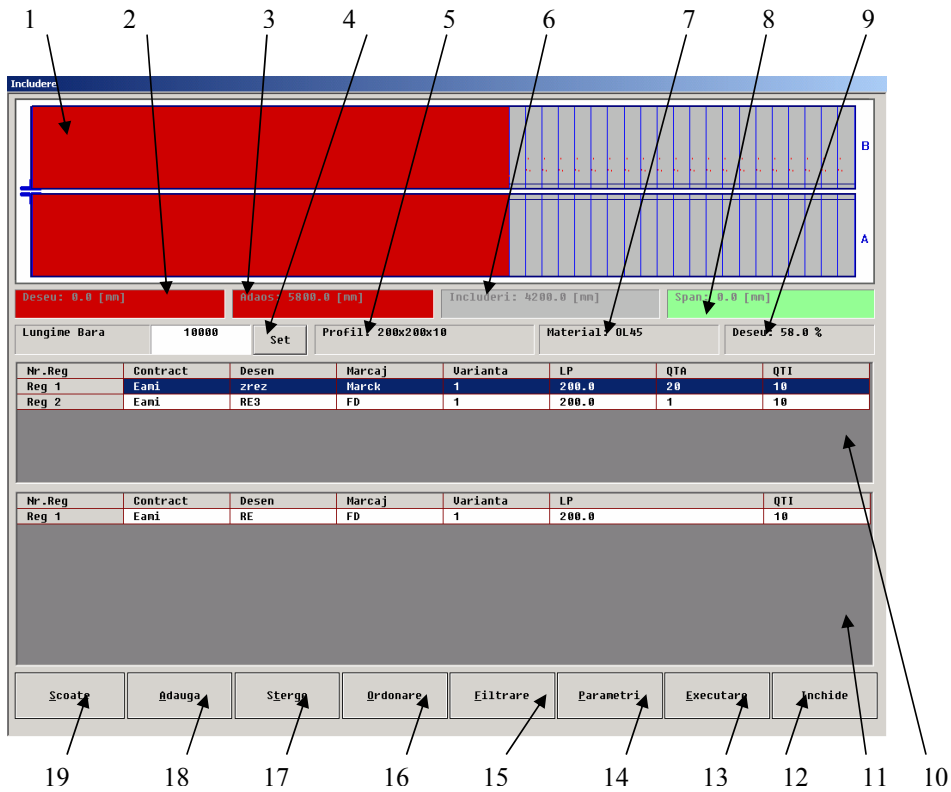


Figura 2.12 Ecranul „Includere”

Ecranul de includere ce oferă posibilitatea introducerii mai multor piese de-a lungul barei ce urmează a fi prelucrate.

În partea superioară a ferestrei există o zonă (2.12.1) în care este reprezentată bara pe care se va face includerea. Pe măsură ce se introduc piese pe bară acestea vor fi reprezentate în această zonă. În figură șpanul este reprezentat folosind culoarea verde iar adaosul și deșeu și adaosul folosind culoarea roșie. Zona din bară ocupa de piese va fi reprezentată folosind culoarea gri.

Se pot observa în partea de sus a figurii câmpurile în care sunt afișate valorile respective (2.12.2), (2.12.3), (2.12.8). Lungimea totală a pieselor incluse pe bară este afișată în câmpul (2.12.6) „Includeri”.

În lista (2.12.11) prezentă în partea inferioară a ferestrei sunt afișate toate programele care au același tip de profil și același material ca și programul care a fost selectat atunci când s-a accesat fereastra „Includeri”. Sunt excluse din start programele incorecte. În câmpurile (2.12.5), (2.12.7) și (2.12.9) sunt afișate informații despre profilul cornierului și despre materialul barei.

Lista (2.12.10) situată în partea superioară a ferestrei va conține toate programele piesă care vor fi incluse pe bară.

Pentru a adăuga un program în lista pieselor de pe bară se va apăsa „Enter” pe linia corespunzătoare programului din lista pieselor (2.12.11) sau se va apăsa butonul (2.12.18) („Adaugă” – tasta „A” de la tastatură).

Pentru a realiza operația inversă, adică operația de eliminare a unui program conținut pe bară se va apăsa „Enter” pe linia corespunzătoare programului din lista pieselor conținute pe bară (2.12.10) sau se va apăsa butonul (2.12.19) („Scoate” – tasta „S” de la tastatură).

Programele conținute în cele două liste pot fi identificate după câmpurile „Contract”, „Marcaj”, „Desen”, „Variantă”. Cele două liste prezintă o coloană „Lp” în care este afișată lungimea profilului corespunzător piesei ce va rezulta în urma execuției programului piesă.

Atât liniile corespunzătoare programelor conținute în lista pieselor care sunt incluse pe bară cât și cele care nu sunt incluse pe bară prezintă un câmp QTI a cărui valoare corespunde numărului de bucăți care trebuie executate din piesa respectivă.

Liniile din lista programelor ce vor fi incluse pe bară (2.12.10) prezintă suplimentar un câmp QTA prin care se specifică numărul de bucăți din piesa corespunzătoare programului piesă incluse pe bară. Pentru a modifica valoarea QTA corespunzătoare unui program se va selecta programul din lista pieselor ce vor fi incluse pe bară și apoi se va apăsa tasta „F4”.

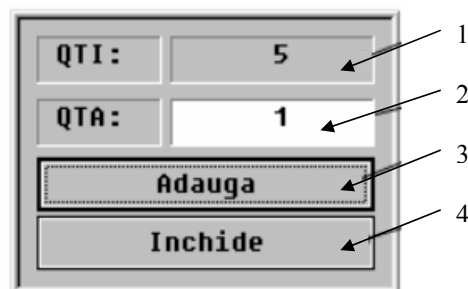


Figura 2.13 Meniul „Modificare QTA”

Se va introduce în câmpul (2.13.2) „QTA” valoarea dorită și apoi se va apăsa pe butonul (2.13.3) „Adaugă” pentru a modifica numărul de piese incluse pe bară. Dacă se dorește renunțarea la această operație se va apăsa pe butonul (2.13.4) „Închide”. În câmpul „QTA” (1) utilizatorul este informat despre numărul de bucăți care mai trebuie executate din piesa aleasă.

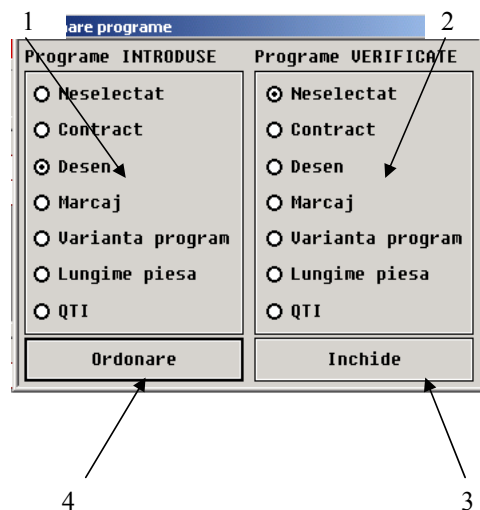


Figura 2.14 Ecranul „Ordonare Programe”

Pentru a ordona programele din cele două liste se va apăsa butonul (2.12.16) „Ordonare”. Se va afișa fereastra prezentată în figura 2.14. În zona (2.14.1) „Programe INTRODUSE” se selectează câmpul după care se face ordonarea în lista programelor incluse pe bară (2.14.4). În zona (2.14.2) „Programe VERIFICATE” se selectează câmpul după care se face ordonarea în lista programelor care nu au fost incluse pe bară (2.14.4).

După introducerea criteriului de ordonare se va apăsa pe butonul „Ordonare” pentru a efectua ordonarea programelor sau se va renunța la această operație prin apăsarea butonului „Inchide”.

Navigarea în câmpul de selectare se realizează cu ajutorul sașeșilor sus/jos de la tastatură sau cu tasta „Tab”.

Contract	Varianta
Desen	Lungime
RE3	
Marcaj	QTI
Cauta	Inchide

Figura 2.15 Ecranul „Filtrare Programe”

Utilizatorul poate filtra programele afișate în lista programelor care nu au fost incluse pe bara prin apăsarea butonului „Filtrare” (2.12.15). Prin efectuarea acestei acțiuni se va deschide fereastra „Filtrare programe” prezentată în figura de mai sus. În cadrul acestei ferestre operatorul va selecta unul din butoanele corespunzătoare câmpurilor cu ajutorul tastelor aferente („1”, „2”, „3”, „4”, „5” sau „6”) după care se face filtrarea și apoi va introduce criteriul de filtrare în câmpul de sub butonul activat. Pentru efectuarea filtrării se va apăsa pe butonul „Filtrare” pentru renunțare se va apăsa pe butonul „Închide”.

13.8 Ecranul de Setare Executie

Pentru afisare tipurilor de burghie ce trebuie introduse pe masina in vederea inceperii executiei automate.

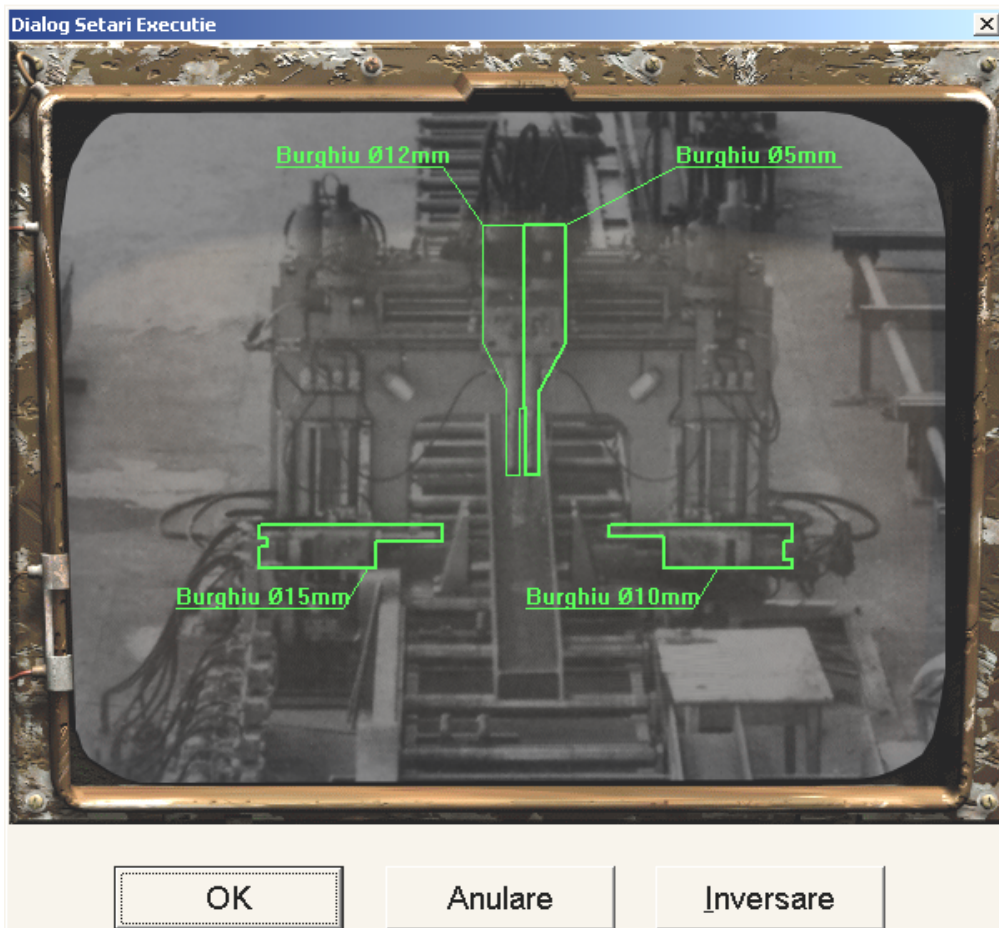
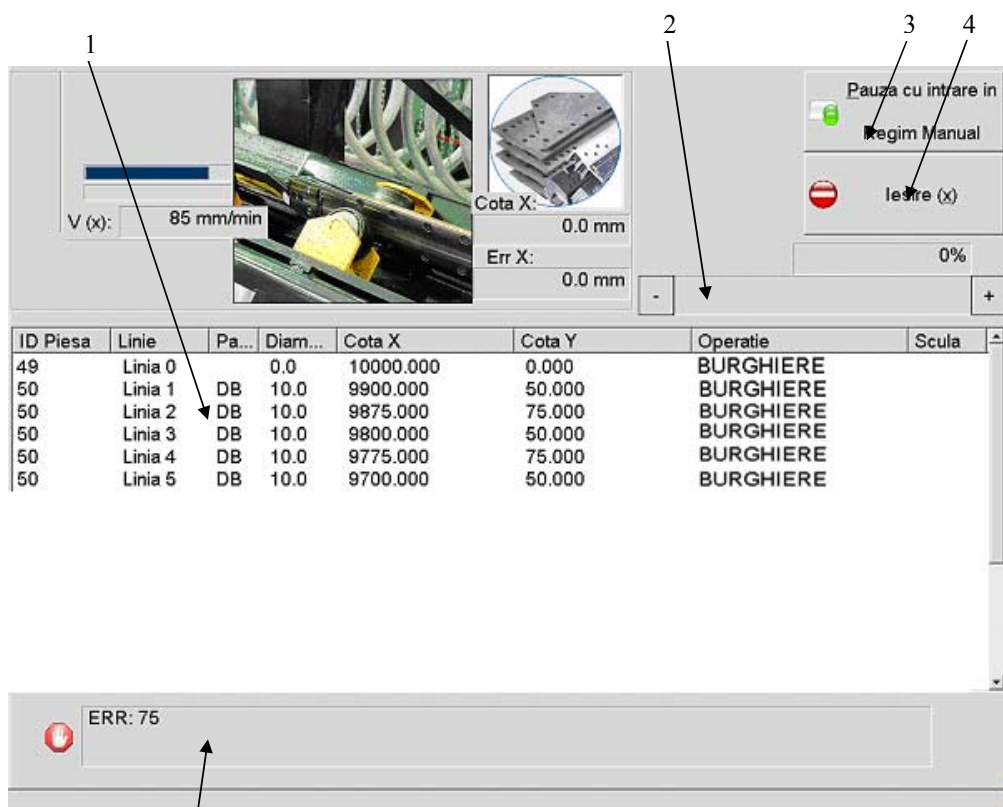


Figura 2.16 Dialogul „Setari de Executie”

Pentru confirmare se apasă butonul (OK) iar revocarea se realizează cu ajutorul butonului (Anulare). In caz de se doreste interschimbarea tipurilor de burghie pe unitatile de burghiere U si V se apasa butonul (Inversare) .

13.9 Ecranul „Regim Automat”

În timpul execuției va apărea următorul ecran:





5 Figura 2.17 Fereastră afișată în timpul execuției automate

Lista (2.8.1) afișează secvențele tehnologice urmate în timpul execuției.

Trecerea la regim manual se realizează cu ajutorul butonului (2.8.3) prin apăsarea tastei „ESC” sau „P”.

Reglarea vitezei de deplasare pe axa X – bara (2.13.2) – se realizează prin

intermediul butoanelor , activat cu tasta „F7” și , activat cu tasta „F8”.

Erorile ce pot interveni în cursul execuției sunt afișate în câmpul (2.13.5) din partea inferioară a ecranului.

La terminarea ciclului automat ecranul se închide cu ajutorul butonului (2.13.4) – tasta „X” de la tastatură.

13.10 Ecranul „Raportare Probleme”

A fost creat în scopul depanării și permite operatorului descrierea problemelor ce apar în cursul funcționării mașinii.

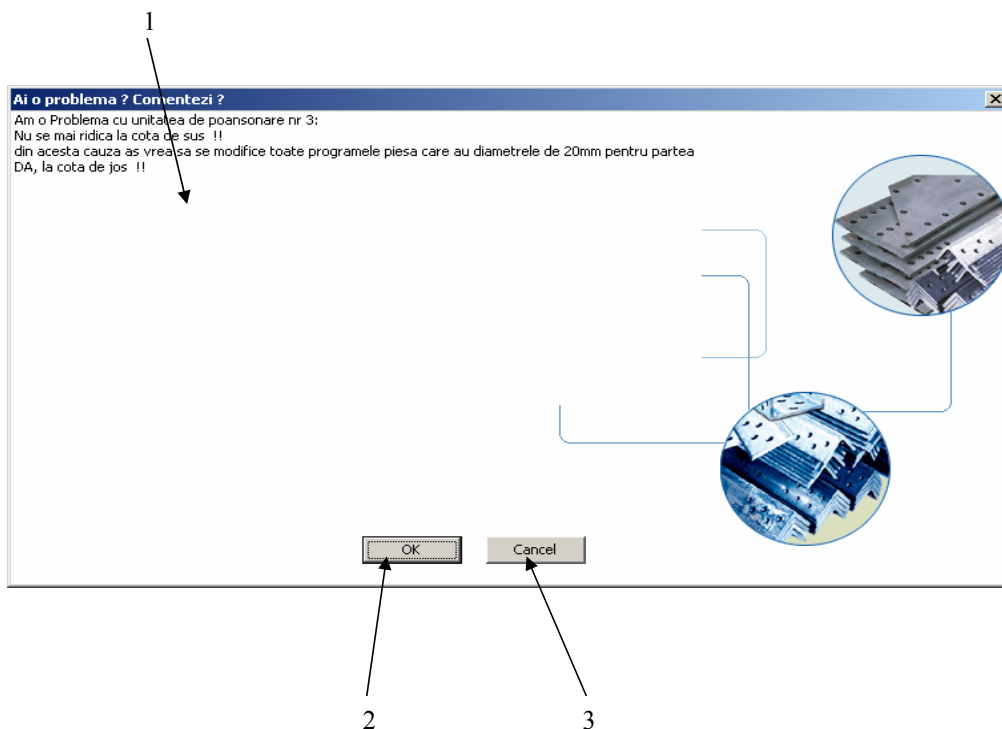


Figura 2.17 Ecranul „Raportare Proleme”

Câmpul 2.16.1 oferă posibilitatea editării de la tastatură a textului corespunzător problemei. Este un editor obișnuit de text.

Pentru confirmare se apasă butonul 2.16.2 (OK) iar revocarea se realizează cu ajutorul butonului 2.16.3 (Cancel). Navigarea între cele două butoane se face cu tasta „Tab”. Activarea butoanelor se realizează prin apăsarea tastei „Enter”.

13.11 Lista Errori Masina

nrcrt	cod	mesaj
1	-1	Auxiliarele nu sunt cuplate!
2	6	Eroare a modului PLC 10!
3	8	Eroare a modului PLC 8!
4	10	Eroare a modului PLC 6!
5	12	Eroare a modului PLC 5!
6	14	Eroare a modului PLC 2!
7	16	Eroare a modului PLC 3!
8	40	Eroare a axei X!
9	50	Eroare a axei Y!
10	60	Eroare a axei U!
11	80	Eroare a axei V!
12	100	Eroare a axei Z!
13	195	Pompa hidraulica nu este pornita!
14	-20	Ciclu Hold!
15	-40	Avarie burghiere!
16	-70	Cota X nu este corespunzatoare! Miscarea de pozitionare nu se poate realiza!
17	-75	Cota Z nu este corespunzatoare! Miscarea de pozitionare nu se poate realiza!
18	-80	Cota Y nu este corespunzatoare! Miscarea de pozitionare nu se poate realiza!
19	-85	Cota V nu este corespunzatoare! Miscarea de pozitionare nu se poate realiza!
20	-90	Cotele U si V nu sunt corespunzatoare! Miscarile de pozitionare nu se pot realiza!
21	-110	Unitatea de burghiere 4 a atins limitatorul de avarie avans!
22	-120	Unitatea de burghiere 3 a atins limitatorul de avarie avans!
23	-130	Unitatea de burghiere 2 a atins limitatorul de avarie avans!
24	-140	Unitatea de burghiere 1 a atins limitatorul de avarie avans!
25	-150	Unitatea de burghiere 4 nu s-a retras in timpul prestabilit!
26	-160	Unitatea de burghiere 3 nu s-a retras in timpul prestabilit!
27	-170	Unitatea de burghiere 2 nu s-a retras in timpul prestabilit!
28	-180	Unitatea de burghiere 1 nu s-a retras in timpul prestabilit!
29	-190	Motorul unitatii de burghiere 4 nu este comandat! Selectati de pe panoul central o treapta de turatie pentru motor!
30	-200	Motorul unitatii de burghiere 3 nu este comandat! Selectati de pe panoul central o treapta de turatie pentru motor!
31	-210	Motorul unitatii de burghiere 2 nu este comandat! Selectati de pe panoul central o treapta de turatie pentru motor!
32	-220	Motorul unitatii de burghiere 1 nu este comandat! Selectati de pe panoul central o treapta de turatie pentru motor!
33	-250	Clestele este deschis! Inchideti clestele!
34	-260	Axa X a atins limitele soft! Comandati o deplasare manuala in sensul eliberarii limite!
35	-270	Axa Y a atins limitele soft! Comandati o deplasare manuala in sensul eliberarii limite!
36	-280	Axa U a atins limitele soft! Comandati o deplasare manuala in sensul eliberarii limite!
37	-290	Axa V a atins limitele soft! Comandati o deplasare manuala in sensul eliberarii limite!
38	-300	Axa Z a atins limitele soft! Comandati o deplasare manuala in sensul eliberarii limite!
39	-899	Apasati butonul "Continuare"!
40	-910	Axa V nu este calibrata!
41	-920	Axa Y nu este calibrata!
42	-930	Axa Z nu este calibrata!
43	-940	Axa U nu este calibrata!
44	-950	Axa X nu este calibrata!
45	-1050	Menghina a atins limitatorul de capat de cursa!
46	-1055	Inchiderea deschiderea menghinei nu se poate realiza cu clestele dechis!
47	-1060	Atentie unitatea 4 trebuie se retrage!
48	-1065	Atentie unitatea 3 trebuie se retrage!
49	-1070	Atentie unitatea 2 trebuie se retrage!
50	-1075	Atentie unitatea 1 trebuie se retrage!

**Sistem de monitorizare și comanda pentru instalații de zincare termică în vederea
eficientizării consumurilor energetice**

Programul ControlZinc este un program de monitorizare și control al băii de zinc din cadrul societății SC Celpi SA.

Cu ajutorul acestui program se pot afișa diverși parametri, cum ar fi temperaturile din cele 3 zone ale băii, tensiunile de alimentare și curenții absorbiți de elementele de încălzire, puterile și energiile aparente, active și reactive înregistrate etc.

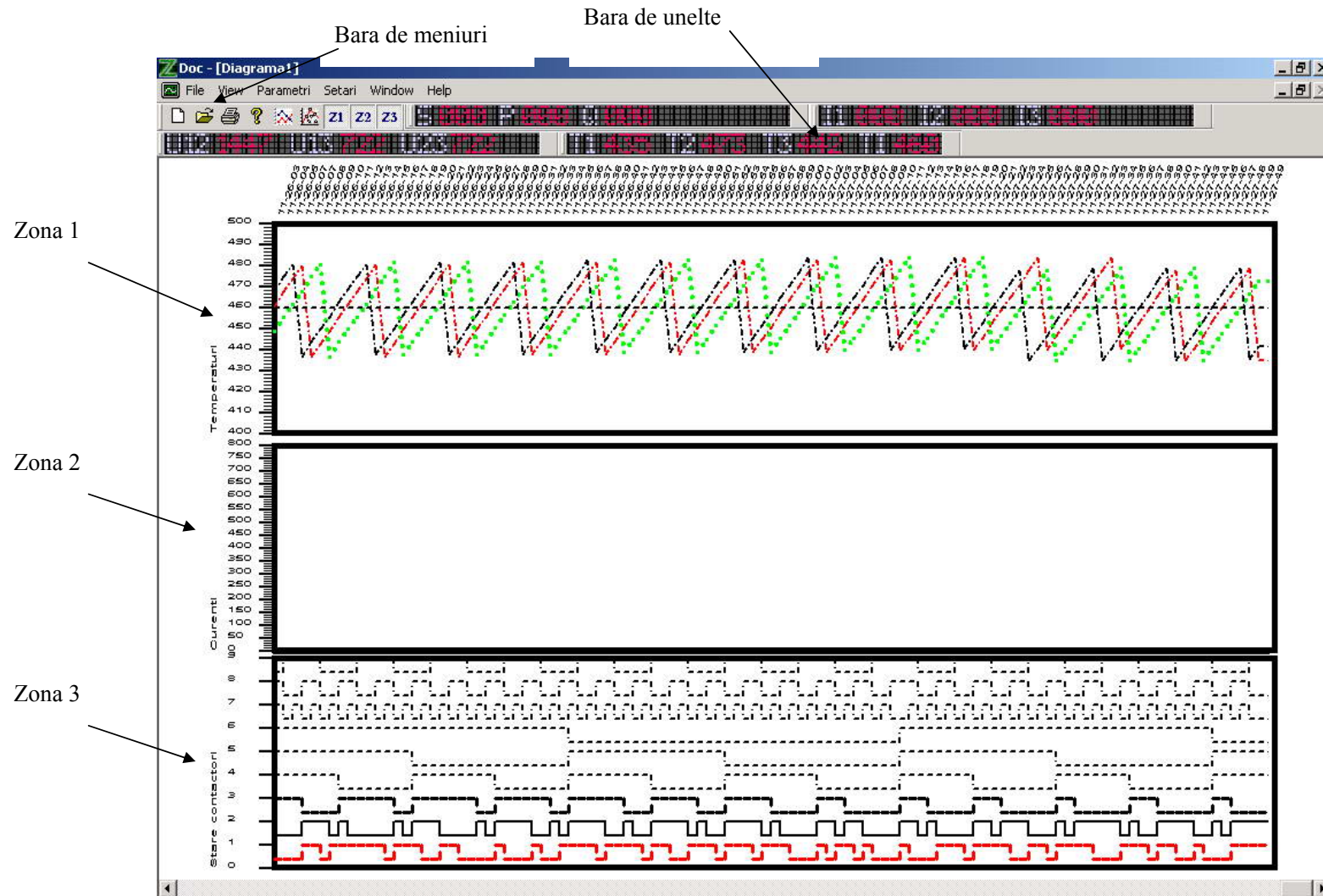
În ecranul principal se pot afișa simultan până la 3 grafice, utilizatorul putând alege ce parametri se afișează.

La rularea programului acesta afișează automat pagina corespunzătoare zilei curente. La terminarea zilei, adică la ora 24:00, programul va afișa automat ecranul corespunzător zilei următoare.

Utilizatorul poate alege și deschide orice altă pagină corespunzătoare altei zile, dar nu poate închide pagina zilei curente.

În ecranul principal utilizatorul are posibilitatea de a afișa la alegere și diverse bare de unelte cum ar fi starea contactoarelor, bare de unelte cu diverși parametri precum temperaturi, tensiuni, curenți, puteri energii etc.

Ecranul pe care îl afișează programul la deschidere arată ca în imaginea următoare :



Fiecare grafic afișat în una din cele 3 zone ale ecranului are afișat denumirea mărimii afișate, valoarea acesteia precum și ora la care este făcută citirea.

Utilizatorul poate alege caracteristicile pentru graficele afișate, cum ar fi culoarea, tipul de linie pentru fiecare reprezentare a unei marimi etc.

Fiecare grafic, corespunzător unei zone, are în partea stânga denumirea mărimilor afișate, iar pe verticală scala corespunzătoare. De exemplu pentru temperatură, pe scala se vor afișa temperatura în grade Celsius. În partea de sus este prezentă o altă scala, orizontală, pe care sunt afișate momentele de timp în care valorile au fost achiziționate.

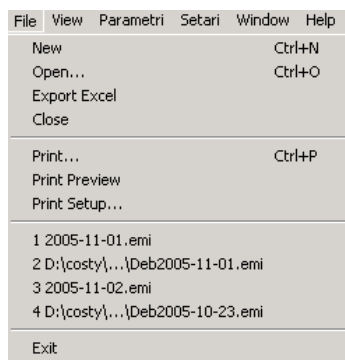
Bara de meniuri cuprinde meniurile ce pot fi accesate de utilizator.

În bara de unelte se afișează diverși parametri selectați de utilizator ca fiind de interes la un moment dat. Aceasta bara poate cuprinde bara de unelte corespunzătoare temperaturilor, tensiunilor, curenților, puterilor, etc.

MENIURILE PROGRAMULUI

Meniul File

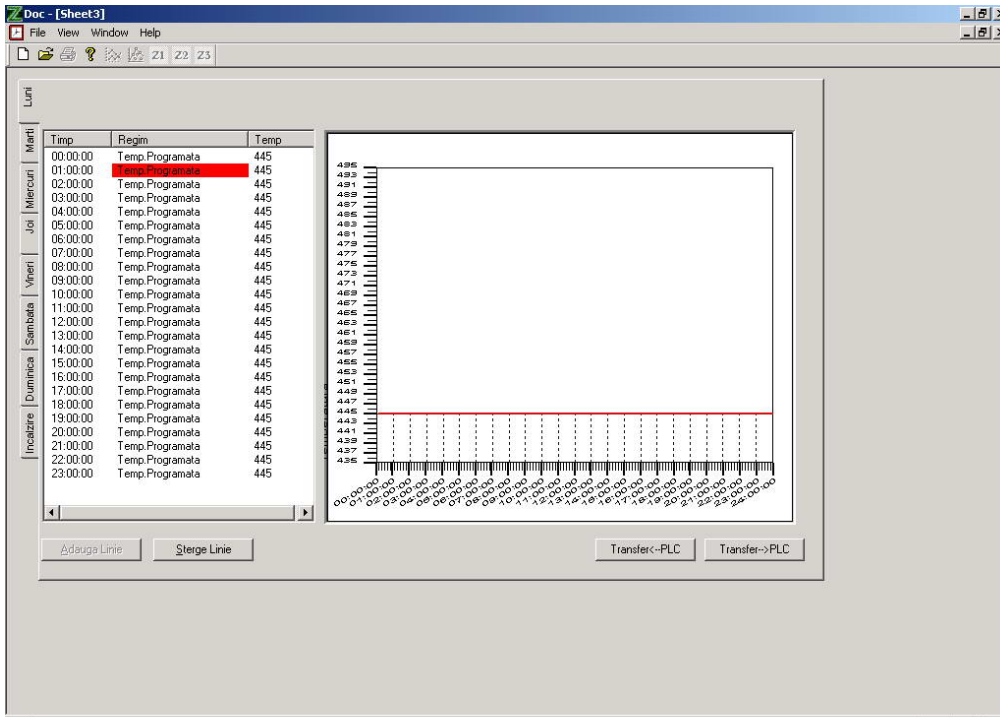
Acest meniu cuprinde următoarele opțiuni:



Opțiunea New din meniul File deschide o pagină de programare, pagina cu ajutorul căreia se poate realiza programarea temperaturilor și regimurilor pentru întreaga săptămână.

Acest program astfel creat poate fi folosit și săptămâna următoare dacă corespunde specificațiilor pentru acea săptămână.

Implicit programul va deschide un ecran de programare, care arată ca în imagine.



Se selectează din partea stânga a ecranului fiecare zi a săptămânii sau ecranul corespunzător regimului de încălzire și se programează valorile temperaturii în funcție de necesitățile tehnologice.

Pentru fiecare zi se pot programa 24 de seturi de valori care cuprind ora, regimul de lucru și temperatura dorită.

La selectarea regimului de lucru, când se da dublu click pe acel camp, apare un câmp editabil din care utilizatorul selectează una din opțiunile:

- Temperatura programată - regim prin care se va păstra temperatura impusă până la activarea următorului element de program
- Prel. Putere limitata –se va menține temperatura impusa folosind un număr maxim de rezistente egal cu cel declarat în câmpul „Nr rez reg putere limitata” din ecranul „Setări”
- Menținere putere limitată - se va menține temperatura impusa prin intermediul câmpului „Temperatura pentru menținere” folosind un număr maxim de rezistente egal cu cel declarat în câmpul „Nr rez reg putere limitata” din ecranul „Setări”
- Menținere - se va menține temperatura impusa prin intermediul câmpului „Temperatura pentru menținere” din ecranul „Setări” folosind toate rezistențele valide.
- Comanda Hala - comanda realizata din hala

Câmpul corespunzător temperaturii este editabil, tot prin dublu-click, putându-se scrie temperatura dorită.

În partea dreapta a ecranului, valorile programate sunt afișate grafic. Pe scala verticala sunt afișate valorile temperaturii impuse în grade Celsius, iar pe scala orizontala sunt afișate intervalele de timp programate.

Dacă utilizatorul vrea să ștergă una din liniile programate va selecta cu ajutorul mouse-ului linia dorită și va apăsa pe butonul „Șterge linie”, buton situat în partea inferioară a ferestrei. Pentru adăugarea unei linii de program se va apăsa butonul Adaugă linie. Aceasta acțiune va determina afișarea ferestrei de mai jos.



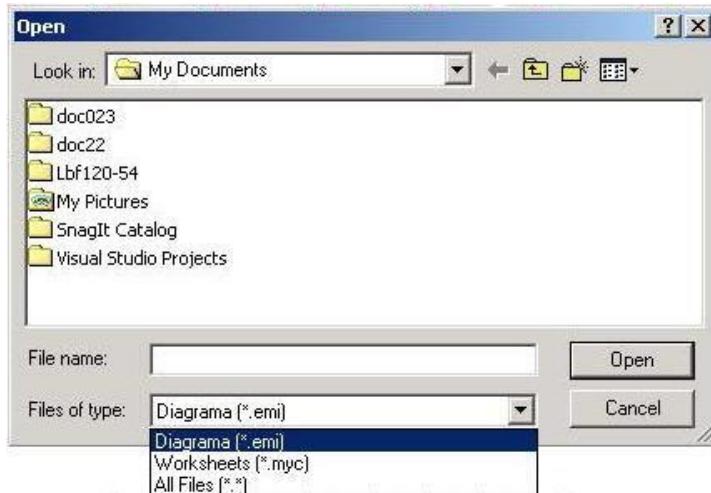
Când operația de programare s-a încheiat utilizatorul poate salva aceasta pagina, selectând din meniul File opțiunea Save, sau poate transfera direct programul în PLC prin apăsarea butonului Transfer->PLC. Se va afișa o fereastră care indică evoluția transferului.

De asemenea, utilizatorul are posibilitatea de a transfera programul din PLC în calculator pentru a opera eventualele modificări asupra lui prin apăsarea butonului Transfer<-PLC.

Programul transferat nu va fi luat în calcul decât atunci când se activează regimul „Program” prin apăsarea pe butonul corespunzător de pe bara „Regimuri”.

Opțiunea Open din meniul permite deschiderea document program sau a unei diagrame corespunzătoare altei zile, ori a unei pagini de programare.

La alegerea opțiunii Open se deschide fereastra de dialog din imagine, care permite alegerea a 2 tipuri de fișiere, diagrama, cu extensia .emi, care reprezintă o pagina cu grafice corespunzătoare unei zile, și worksheets, cu extensia .myc, care desemnează o pagina de programare.



Opțiunile Print..., Print Preview și Print Setup se refera la tipărirea documentului activ de tip diagramă.

Opțiunea Export Excel poate fi folosită pentru transferul datelor corespunzătoare documentului activ într-un fișier compatibil Microsoft Excel. Prin acțiunea asupra meniului amintit se va deschide o fereastră prin care se solicită specificarea denumirii fișierului Excel în care se va face exportarea datelor.

După ce se specifică denumirea fișierului de export se va afișa o fereastră prin care utilizatorul poate specifica perioada de eșantionarea pentru datele ce vor fi înscrise în fișierul de export.



Meniul View

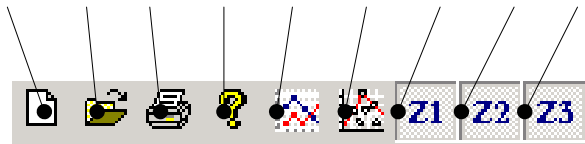
Cuprinde următoarele opțiuni:



Acest meniu permite alegerea barelor de unelte care sunt afișate. Dacă se dorește afișarea uneia din barele respective se selectează cu mouse-ul.

La selectarea opțiunii Toolbar se afișează bara standard, care permite:

- Crearea unui nou document de tip programare (1),
- Deschiderea unui document (2),
- Tipărirea unui document de tip diagramă (3),
- Afișarea unor informații despre aplicația „Control Zinc” (4),
- Afișarea unei ferestre care permite setarea modalității de afișare a noilor documentelor de tip diagramă (5),
- Afișarea unei ferestre unei care permite setarea modalității de afișare a documentului activ.



La alegerea opțiunii StatusBar se afișează bara de stare, situată în partea de jos a ecranului.

Selectarea opțiunii TempBar se va afișa o bară prin care se pot monitoriza valorile temperaturii băii de zincare. T1, T2 și T3 reprezintă valorile temperaturii corespunzătoare celor 3 zone din baia de zinc. Ti reprezintă valoarea impusă a temperaturii.

Opțiunea CurentBar determină afișarea unei ferestre prin care se poate monitoriza curentul absorbit de elementele de încălzire. Cuprinde I1, I2 și I3, elemente care reprezintă curentul absorbit pe fiecare fază a instalației.

Opțiunea VoltageBar determină afișarea unei ferestre prin care se monitorizează tensiunea dintre cele trei faze ale instalației de zincare termică. Bara cuprinde următoarele elemente : U12, U23, U31.

Opțiunea PowerBar determină afișarea unei ferestre prin care pot fi monitorizate valorile puterii absorbite de la rețea. Conține următoarele elemente : S, P, Q, care reprezintă puterea aparenta, puterea activa, respectiv puterea reactiva.

Opțiunea EnergyBar determină afișarea unei ferestre prin care se poate monitoriza energia absorbita din rețea. Conține următoarele elemente: ES, EP, EQ, reprezentând energia aparenta, energia activa, respectiv energia reactiva.



Prin accesarea meniului Regim se va afișa bara de comanda care va permite selectarea unuia din regimurile :

- Incalzire- regim prin care se vor menține intervale de temperatura pentru perioade stabilite de prin programul de încăzire. La activarea acestui regim se vor exclude elementele de program pentru care temperatura este sub temperatura din momentul activarii regimului pentru cea mai rece zona a barii. După efectuarea ciclului de incalzire se va activa automat regimul de comanda din hala.
- Comnanda Hala regim prin care operatorii barii pot selecta temperatura impusa cu ajutorul comutatorului de pe panoul de comanda extern. Se pot activa astfel patru subregimuri corespunzatoare pozitiiilor comutatorului :
 - Mentinere- se va pastra valoarea impusa a temperaturii la valoarea specificata de inginerul sectiei prin intermediul campului «Temperatura pentru mentinere» din ecranul Setari Baie. **Mentinerea nu se realizeaza cu putere limitata !**
 - Prelucrare piese subtiri
 - Prelucrare piese medii
 - Prelucrare piese greleTemperatura impusa pentru aceste subregimuri va fi setata de inginer în câmpurile corespunzătoare aflate în ecranul setări.
- Program- comanda se va face conform specificatiilor impuse prin programul activ. Daca nu exista un program activ trimis catre PLC se va activa automat regimul comanda hala.

Opțiunea ErrorBar determina afișarea unei ferestre care permite diagnosticarea eventualelor defecte de funcționare ale băii de zincare.

În continuare prezentăm mesajele de eroare semnalate de program:

- Diferenta critica de temp intre zone!
- Temp sub val limita!
- Temp peste val maxima!
- Contactorul 1 nu a cuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 2 nu a cuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 3 nu a cuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 4 nu a cuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 5 nu a cuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 6 nu a cuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 7 nu a cuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 8 nu a cuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 9 nu a cuplat in timpul prestabilit!

- Contactorul 1 nu a decuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 2 nu a decuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 3 nu a decuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 4 nu a decuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 5 nu a decuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 6 nu a decuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 7 nu a decuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 8 nu a decuplat in timpul prestabilit!
- Contactorul 9 nu a decuplat in timpul prestabilit!
- Baia sparta!
- Eroare de comunicare!
- Com cu contor!
- Com cu PLC 2!
- PLC 1!
- PLC1 M1!
- PLC1 M1!
- PLC1 M2!
- PLC1 M2 Intrare termocuplu!
- PLC M2 Iesire analogica!
- PLC1 M3!
- PLC1 M3 Intrare termocuplu!
- PLC M3 Iesire analogica!
- PLC1 M4!
- PLC1 M4 Intrare termocuplu!
- PLC M4 Iesire analogica!
- Cod de eroare necunoscut!

Meniul Parametri

Cuprinde urmatoarele optiuni :



Acest meniu se refera la zona sau zonele pe care utilizatorul dorește sa le afișeze, pe același ecran.

Meniul Setari

Meniul Setari cuprinde urmatoarele optiuni :



Prima opțiune, Baie, permite utilizatorului sa seteze și sa modifice toti parametrii referitori la proces.

Prima zona din ecranul Setari Baie este folosita pentru a impune parametrii de comanda corespunzatori regimului "Comanda Hala". Se vor alege următorii parametri :

- Temperatura pentru menținere - regimul de menținere poate fi activat din hala prin poziționarea comutatorului de pe panoul din hala pe poziția 1. Acest regim de menținere nu este un regim cu putere limitata.
- Temperatura pentru piese subțiri. Subregimul de prelucrare a pieselor subțiri poate fi activat prin poziționarea comutatorului de pe panoul din hala pe poziția 2.
- Temperatura pentru piese medii. Acest subregim poate fi selectat prin poziționarea comutatorului de pe panoul din hala pe pozitia 3.
- Temperatura pentru piese grele. Acest subregim poate fi selectat prin poziționarea comutatorului de pe panoul din hala pe pozitia 4.

Următoarea zona a ecranului Setari baie se refera la setările generale ale băii. Cuprinde campurile :

- Temperatura minim admisibila : temperatura sub care se declanșează alarma și se renunța automat la regimurile de prelucrare cu putere limitata activându-se toate rezistentele
- Semafor culoare verde - interval de temperatura situat în jurul temperaturii impuse peste care se activează culoarea verde a semaforului din hala
- Semafor culoare galbenă - interval de temperatura situat în jurul temperaturii aflat sub temperatura impusă și peste temperatura de activare a culorii verde a semaforului în care se activează culoarea galbena a semaforului din hala
- Nr rez reg putere limitata – număr maxim de rezistente ce se vor activa în regimul de putere limitata.
- Timp ciclu limitare putere Ttot - timp ciclu de limitare putere. In regim normal de lucru se va executa un ciclu după următorul algoritm :
Un interval de timp se vor putea activa toate rezistentele, iar un alt interval de timp se va merge în regim de putere limitata activându-se doar un număr de rezistente mai mic decât numărul de rezistente impus pentru regimul de putere limitata. Timpul necesar uni ciclu se va prescrie cu ajutorul parametrului Ttot.
- Timp putere limitata Tpl- timp în care se va baia va funcționa doar cu un număr limitat de rezistente.

Calibrarea termocuplelor se va putea realiza modificând câmpurile B1, B2, B3. Temperatura luată în calcul de partea de comanda va fi calculata pentru fiecare termocplu după relația :

$$Tr = Tm + B$$

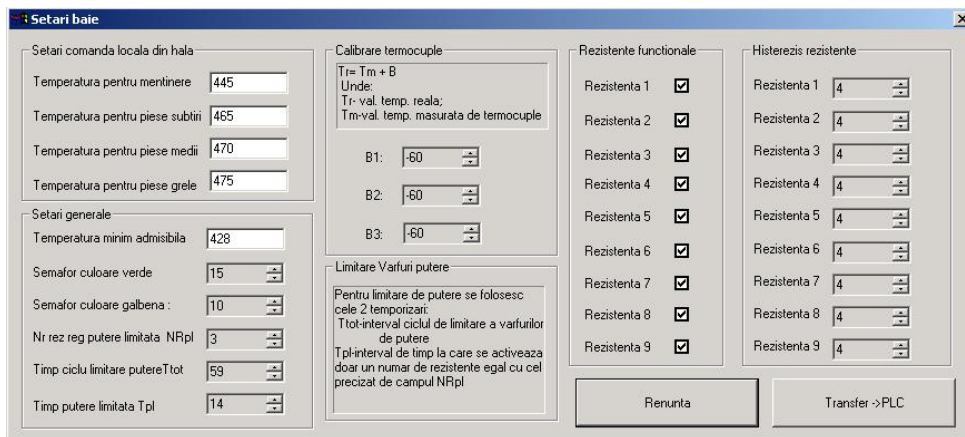
Unde Tr - temperatura reală luată în calcul de program
 Tm - temperatura măsurată de termocuple

Pentru a seta rezistențele funcționale se vor activa căsuțele corespunzătoare din zona „Rezistente Functionale”.

Atenție: Dezactivarea câmpurilor corespunzătoare rezistentelor determină sistemul de comandă să nu mai acționeze contactoarelor care sunt folosite pentru alimentarea rezistentelor.

După ce aceste modificări au fost operate, se pot transmite setările către PLC. Aceasta se face apăsând cu ajutorul mouse-ului butonul Transfer PLC, buton situat în partea de jos ecranului.

Utilizatorul poate renunța la modificările făcute apăsând cu ajutorul mouse-ului butonul Renunța, situat în partea de jos a ecranului.



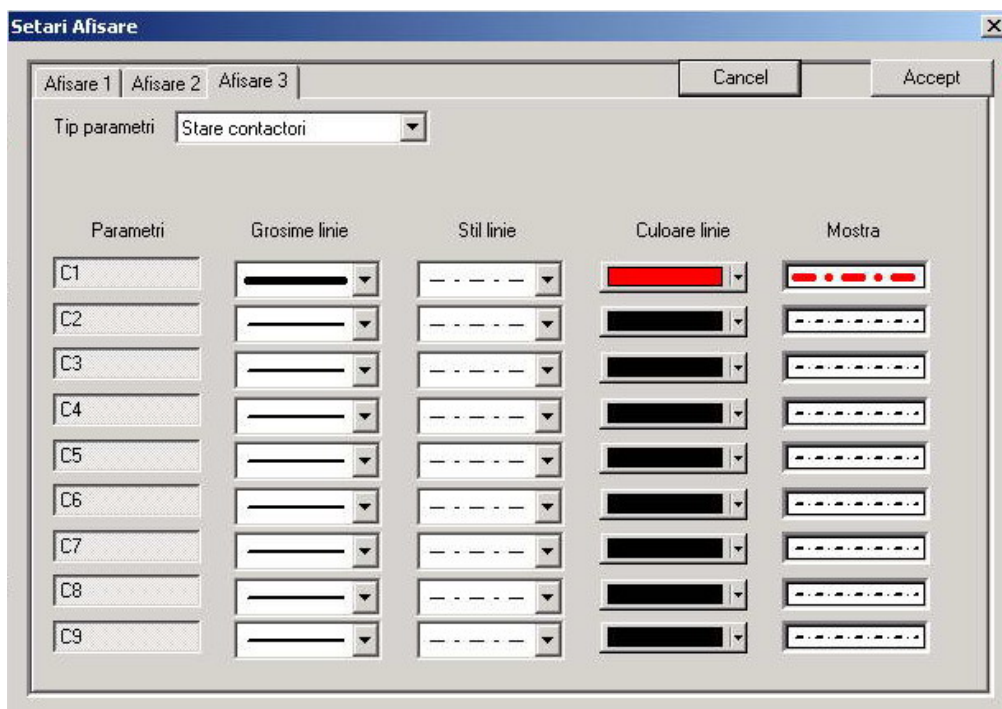
Opțiunea Setări - Generale Afișare permite utilizatorului sa modifice aspectul tuturor elementelor grafice afișate pentru programele ce vor fi deschise.

La alegerea opțiunii Setări - Generale Afișare se deschide o caseta de dialog care cuprinde 3 pagini, fiecare permițând utilizatorului să modifice serie de parametri.

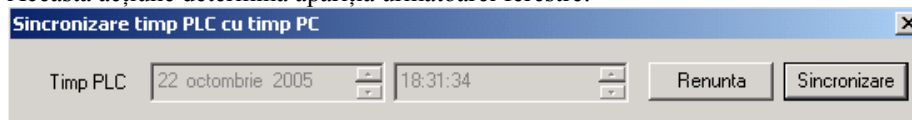
Același ecran va apare si la selectarea opțiunii „Afișare”, dar setările se vor referi la documentul selectat.

Fiecare pagina conține un câmp editabil din care utilizatorul poate alege parametrul pe care dorește sa il editeze. De asemenea pagina conține lista cu parametrii și elementele ce pot fi modificate, cum ar fi grosime linie, stil linie, culoare linie, precum și o mostră care arata utilizatorului rezultatul final al modificărilor făcute.

De asemenea, fiecare pagina are și două butoane în partea de sus în dreapta, Cancel și Accept, care permit utilizatorului sa renunțe la modificările făcute, respectiv sa confirme modificările operate.



Pentru a asigura funcționarea corectă în regimurile de limitare a puterii este necesară reglarea ceasului intern al PLC-ului. Pentru aceasta se va selecta meniul „Timp PLC”. Această acțiune determină apariția următoarei ferestre:



În acest ecran se afișează ceasul intern al PLC-ului. Dacă se observă diferențe între data și ora reală și cea afișată se poate apăsa butonul „Sincronizare” pentru a seta ceasul PLC la fel ca ceasul PC.

O. Produse web

1. Portalul e-Reconfig pe site-ul ugal
2. Demonstrativ-film cu ambutisarea folosind matrite reconfigurabile

P. Programe noi de formare continua

3. Curs postuniversitar de perfectionare intitulat **“Sisteme de prelucrare reconfigurabile- concepte de proiectare”**, Centrul de Formare Continua si Transfer Tehnologic (CFCTT) al Universitatii “Dunarea de Jos” din Galati.

Numarul total de ore: 56.

Structura cursului

Modulul 1: Sisteme tehnologice reconfigurabile

Modulul 2: Conceperea arhitecturii hardware si software a sistemelor reconfigurabile de fabricatie

Modulul 3: Conducerea sistemelor tehnologice reconfigurabile

4. Curs postuniversitar de perfectionare intitulat "**Tehnici de programare (OLE) a interfetelor de conducere a masinilor de prelucrare**", Centrul de Formare Continua si Transfer Tehnologic (CFCTT) al Universitatii "Dunarea de Jos" din Galati. Numarul total de ore: 56.

Q. Programe si cursuri universitare noi

5. Masterat francofon, in domeniul sistemelor eficiente de prelucrare a materialelor cu specializarea **Inginierie tehnologica asistee par ordinateurur**, 1.5 ani, in colaborare cu Universitatea Paris 13.
6. Curs universitar, **Sisteme flexibile de fabricatie**, anul III, Roboti Industriali.
7. Curs universitar, **Modelarea sistemelor mecatronice**, anul III, Mecatronica.
8. Curs universitar, **Managementul proiectelor**, anul IV, Mecatronica.

R. Organizare cursuri pregatire

2. Curs postuniversitar de perfectionare intitulat **Utilizarea calculatorului in conducerea sistemelor tehnologice, cu aplicatii la sistemele reconfigurabile**, desfasurat la MITAL STEEL Galati, 56 ore, 16 credite, 34 cursanti, perioada 3.09-20.06.2006.

S. Consultanta si asistenta tehnica

2. Consultanta si asistenta tehnica la intreprinderile S.C. CELPI S.A. Bucuresti, S.C. Electromontaj Bucuresti, S.C. EDIL MECANICA S.A. Filipestii de Padure, World Machinery Works S.A. Bacau.

T. Produse / tehnologii noi realizate si implementate

5. **Tehnologie bazata pe ICT de conducere dimensionala**, implementata la masinile FICEP-20.36-NT, FICEP-16.34-NT, FICEP-803-PN, VERNET-PG-116 S de la S.C. CELPI S.A. Bucuresti.
6. **Tehnologie de conducere dimensionala adaptiva**, implementata la masinile FICEP-14.15 DCA (2 buc.), FICEP LPA 15, la S.C. EDIL-MECANICA S.A. de la Filipestii de Padure.
7. **Tehnologie de conducere dimensionala predictiva**, in curs de implementare, la masinile FICEP 14.15 DCA (2 buc.), FICEP 20.36 NT, VERNET-PG-137 S de la Electromontaj Bucuresti.

8. Sistem de comanda numerica reconfigurabil

- modul de interfata om-masina reconfigurabil;
- server OPC pentru gestionarea resurselor informatice ale sistemului de comanda numerica reconfigurabil;
- bloc reconfigurabil de control al masinilor unelte reconfigurabile (PLC, module I/O analogice, numerice si de control al axelor).

U. Efecte multiplicatoare

- 15. Frumusanu G., Oancea N., *The Influence of Poles Choice on the Approximating Precision of Wrapping Profiles Given by Poles* - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LII (LVI), Fasc.5A, 2006, p.123-126, ISSN 1011-2855.**

Abstract:

Representation of plan curves by poles is already known and used. A solution to approximate, on industrial strictly acceptable conditions, wrapping curves of profiles associated to rolling centroids, when representation by poles is used, was also imagined. This paper analyses the influence of poles choosing manner onto the approximation quality, in order to improve it.

Key words: profiles given by poles, poles choosing, precision.

- 16. Epureanu A. Maier C., Vacarus V. , Gheorghies C., *Researches concerning residual stresses in the superficial layer of the high-speed machined surfaces*, "3rd National Conference on Applied Physics", iunie 2007.**

Abstract:

High-speed machining is a process aimed at obtaining parts through chip removal under particular conditions. The speed used in such processes is increased by 5-10 times as compared to conventional speed values used in machining. At high-speed, the mechanical and thermal phenomena that occur at the interfaces between tool and working material are different from conventional characterization.

The residual stresses in the superficial layer of the high-speed machined material are of great importance in providing knowledge on the mechanical and micro-structural properties modifications. The method used in characterizing the residual stresses is x-Ray diffractometry.

This research was done on the following materials: nonferrous alloys (brass, aluminum) and low carbon content steels.

Keywords: high speed machining, superficial layer, X-ray diffractometry, residual stress.

- 17. Stoian C., *Study Concerning the Dynamic Feed System from Plain Grinding Machine* - Buletinul Universității Tehnice „Gh. Asachi” din Iași, ISSN 1011-2855, Tomul LII(LVI), Fascicula 5a, p. 325-331, 2006.**

Abstract:

In this paper, transitory phenomena met into hydrostatic driving systems are studied. Dynamic system analysis was done by considering the structural block scheme and the transfer function. The paper purpose is to establish dependence between hydrostatic system

functional parameters in order to reduce transitory phenomena bad influence onto manufactured surfaces quality and into machine-tool productivity.

Keywords: hydrostatic system, transitory phenomenon, stability criterion, transfer function

18. Stoian C., *Mașini-unelte automate* - Editura Cartea Universitară, București, 195 pag., 2007.

Cuprins:

1. PROBLEME GENERALE PRIVIND AUTOMATIZAREA MAȘINILOR-UNELTE
 - 1.1. Cinematica și structura ciclului de funcționare
 - 1.2. Noțiunea de mașină-unelte automată
 - 1.3. Domeniul de utilizare
 - 1.4. Metode de organizare a producției
 - 1.4.1. Clasificare. Caracteristici
 - 1.4.2. Productivitatea mașinii-unelte
 - 1.4.3. Metode de prelucrare specifice producției în flux
 - 1.5. Principii de elaborare a procesului tehnologic
 - 1.5.1. Divizarea procesului tehnologic.
 - 1.5.2. Concentrarea procesului tehnologic
 - 1.6. Criterii de agregare
 - 1.6.1. Agregare în serie
 - 1.6.2. Agregare în paralel
 - 1.6.3. Agregare mixtă
 - 1.7. Comanda și acționarea automată a mașinilor-unelte
 - 1.7.1. Informația și comanda
 - 1.7.2. Analiza funcțională a sistemelor automate de producție
 - 1.7.3. Sisteme de coordonate
2. SISTEME PENTRU AUTOMATIZAREA MAȘINILOR-UNELTE
 - 2.1. Considerații generale. Clasificare
 - 2.2. Sisteme rigide de comandă automată
 - 2.2.1. Generalități
 - 2.2.2. Sisteme de comandă cu came și limitatoare
 - 2.2.3. Sisteme de comandă prin copiere după șablon
 - 2.2.4. Sisteme de comandă cu arbore și came
 - 2.2.5. Sisteme de comandă cu tambur
 - 2.3. Sisteme elastice de comandă automată
 - 2.3.1. Sisteme secvențiale cu fișe
 - 2.3.2. Sisteme secvențiale cu bile
 - 2.3.3. Comanda numerică a mașinilor-unelte (sisteme CN)
 - 2.4. Conducerea cu calculatorul a mașinilor-unelte cu comandă numerică (sisteme CNC)
 - 2.5. Conducerea centralizată cu calculatorul a unui grup de mașini-unelte cu comandă numerică (sisteme DNC)
 - 2.6. Sisteme de comandă adaptivă a mașinilor-unelte (AC)...
3. ALIMENTAREA AUTOMATĂ CU SEMIFABRICATE

- 3.1. Sisteme pentru alimentarea automată cu semifabricate în colaci
 - 3.1.1. Mecanisme pentru îndreptarea semifabricatelor
 - 3.1.2. Mecanisme pentru avansarea semifabricatului
- 3.2. Sisteme pentru alimentarea automată cu semifabricate din bară
- 3.3. Sisteme pentru alimentarea automată cu semifabricate bucați
 - 3.3.1. Mecanisme pentru alimentarea cu semifabricate
 - 3.3.2. Mecanisme pentru separarea semifabricatelor
- 3.4. Sisteme pentru fixarea automată a semifabricatelor
- 4. ALIMENTAREA AUTOMATĂ CU SCULE
 - 4.1. Suporți pentru fixarea sculelor
 - 4.2. Sisteme cu cap revolver pentru comutarea automată a sculei
 - 4.3. Prereglarea sculelor
 - 4.4. Sisteme pentru transferul automat al sculelor
 - 4.4.1. Codificarea portsculelor
 - 4.4.2. Transferul automat al sculelor între magazin și arborele principal
- 5. REGLAREA MIȘCĂRILOR DE GENERARE ALE MAȘINILOR-UNELTE AUTOMATE
 - 5.1. Reglarea turației arborelui principal
 - 5.1.1. Sisteme electrice
 - 5.1.2. Sisteme electromecanice
 - 5.1.3. Sisteme electrohidraulice
 - 5.2. Reglarea mișcării de avans
 - 5.2.1. Sisteme electrice
 - 5.2.2. Sisteme hidraulice
 - 5.2.3. Sisteme electrohidraulice
 - 5.3. Concluzii privind alegerea tipului de acționare și reglare
- 6. ORGANOLOGIE SPECIFICĂ MAȘINILOR-UNELTE AUTOMATE
 - 6.1. Mecanisme cu came
 - 6.2. Mecanisme de divizare
 - 6.3. Mecanisme șurub-piuliță de precizie
 - 6.3.1. Mecanisme șurub-piuliță cu elemente intermediare
 - 6.3.2. Mecanisme șurub-piuliță cu sustentație hidrostatică
 - 6.4. Ghidaje de precizie...
 - 6.4.1. Ghidaje cu elemente de rostogolire
 - 6.4.2. Ghidaje cu sustentație hidrostatică
 - 6.5. Sisteme pentru măsurarea deplasărilor
 - 6.5.1. Traductoare analogice
 - 6.5.2. Traductoare numerice
- 7. SISTEME AGREGATE DE PRELUCRARE
 - 7.1. Clasificarea mașinilor-unelte agregate
 - 7.2. Locul, avantajele și caracteristicile sistemelor de prelucrare reconfigurabile
 - 7.3. Principii de compunere
- 8. CINEMATICA ȘI EXPLOATAREA MAȘINILOR-UNELTE AUTOMATE
 - 8.1. Mașini-unelte automate cu sisteme rigide de comandă
 - 8.1.1. Strungul automat de profilat și retezat 1106
 - 8.1.2. Strungul automat cu cap revolver SARO – 25
 - 8.2. Mașini-unelte automate cu sisteme elastice de comandă
 - 8.2.1. Strungul automat frontal SF – 280
 - 8.2.2. Strungul automat revolver cu tambur DRT – 32/40

- 8.3. Mașini-unelte automate cu comandă numerică
 - 8.3.1. Strungul carusel SC – 14 NC
 - 8.3.2. Mașina de găurit cu cap revolver GPR – 45 NC
 - 8.3.3. Mașina de alezat și frezat AF – 85/100 NC

19. Stoian C., Musat S., Frumusanu G., ***Systems with Vibrating Hopper to Do Machine-Tools Automatic Feeding***. - TCMR International Conference, Chisinau, 2007.

Abstract:

In this paper the behavior of vibrating hoppers (equipments that drive material when automatic feeding machine-tools) is studied. Hoppers' functioning is based on inertial transport principle. As consequence, the dependence between mechanical system own angular frequency and driving force necessary to give to supplying material micro-bounces, conform to objects free throwing in gravitational field law, is analyzed.

Keywords: vibrating hopper, equivalent mechanical system, automatic feeding, inertial transport.

20. Stoian C., Frumusanu G., ***Machine-Tools Working Parts Position Automatic Regulation*** - Buletinul Institutului Politehnic din Iași, ISSN 1582-6392, Fascicula 5, Tomul LI (LV), 2005, p.41-44.

Abstract:

In this paper, incremental positioning systems of machine-tools working parts are studied, in the case when stepping motors are used. They are analyzed as discrete electro-hydraulic converting elements. The steps of incremental positioning equipments design are presented, in the final.

Keywords: incremental motion, electro-hydraulic stepping motor.

21. Stoian C., Frumusanu G., ***Contributions to Production Systems Functional Reliability Analysis*** - Analele Universității "Dunărea de Jos" din Galați, ISSN 1221-4566, Fascicula V, 2006, p.13-18.

Abstract:

In this paper production systems functional reliability is studied, by using graphical methods. The method that has been used estimates reliability indicators values based on probability networks. A comparative analysis between machine-tool different parts reliability is also presented, together to its influence onto the entire equipment reliability.

Keywords: reliability, parametric method, probability network.

22. Stoian C., Frumusanu C., ***Method to Calculate Equipments Previsional Reliability*** - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LII (LVI), Fasc.5C, 2006, p.1105-1108, ISSN 1011-2855.

Abstract:

The method suggested to calculate equipments previsional reliability consists in comparing two distributions: one of part soliciting factors values and another of random variables defining resistance parameters. Development of a probabilistic design concept, to

ensure a convenient relation between designing, execution and exploitation expenses, was followed.

Keywords: previsionsal reliability, probabilistic design, random variable.

23. Stoian C., Frumusanu G., *Preventive Maintenance Assurance by Using Critical Track Principle* - Buletinul Institutului Politehnic din Iasi, Tomul LII (LVI), Fasc.5C, 2006, p.1109-1112, ISSN 1011-2855.

Abstract:

Working method "critical track" presented in this paper as a solution to maintenance actions, has as purpose to reduce equipment unavailability time, which is determined by the operations made during overhaul activity. Due to this aim, a network graphic is established, a minimal calendar together to a maximal one are determined in order to mark the critical track.

Keywords: reliability, preventive maintenance, random variable, critical track.

24. Ghita Eugen, *Teoria angrenarii suprafetelor poliexcentrice cilindrice exterioare*, TCMR Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 118-122.

Abstract:

This paper presents the theory gear of outside polyeccentric surfaces. This theory represents just some from many theorem of curves polyeccentric. In this case this theory has and a practical important application. On her base is substantiated a new method of he machining the outside polyeccentric surfaces.

Keywords: polyeccentric surfaces, theory, exterior gear.

25. Ghita Eugen, *Frezarea suprafetelor poliexcentrice exterioare pe masini de danturat*, TCMR Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 122-126.

Abstract:

This paper presents the application of the theory gear of outside polyeccentric surfaces. In this case this theory has and a practical important application. On her base is substantiated a new method of he machining by milling the outside polyeccentric surfaces.

Key words: milling, polyeccentric surfaces.

26. Ghita Eugen, *Analiza procesului de frezare a suprafetelor poliexcentrice*, TCMR International Conference, Chisinau, 2007, ISBN 978-9975-45-035-5, pag. 126-139.

Abstract:

This paper presents the application of the theory gear of outside polyeccentric surfaces. In this case this theory has and a practical important application. On her base is substantiated a new method of he machining by milling the outside polyeccentric surfaces.

Key words: milling, polyeccentric surfaces.

Nr. Inreg.:

SE APROBA,	AVIZAT,
REPREZENTANT AUTORIZAT,	DIRECTOR ECONOMIC,
..... (nume, functia, semnatura) <i>Se va completa de catre Contractor</i> (nume, semnatura)